

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Архитектура производственных объектов
и архитектурные конструкции»

С. Г. Пинчук

СОВРЕМЕННЫЕ ФОРМООБРАЗУЮЩИЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Учебно-методическое пособие
для студентов специальностей 1-69 01 01 «Архитектура»
и 1-69 01 02 «Архитектурный дизайн»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области строительства и архитектуры*

Минск
БНТУ
2017

УДК [624. 01+721.11] (075.8)

ББК 38.4я7

П32

Рецензенты:

А. И. Корбут, В. Н. Галковский

Пинчук, С. Г.

П32 Современные формообразующие архитектурные конструкции : учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-69 01 01 «Архитектура» и 1-69 01 02 «Архитектурный дизайн» / С. Г. Пинчук. – Минск : БНТУ, 2017. – 173 с.

ISBN 978-985-550-764-3.

В учебно-методическом пособии на примерах четырнадцати объектов современной мировой архитектуры раскрыты принципы конструктивного формообразования и выразительности зданий, рассматривая системы несущих и ограждающих конструкций.

УДК [624. 01+721.11] (075.8)

ББК 38.4я7

ISBN 978-985-550-764-3

© Пинчук С. Г., 2017

© Белорусский национальный
технический университет, 2017

ВВЕДЕНИЕ

В учебно-методическом пособии «Современные формообразующие архитектурные конструкции» осуществлен поиск современных зарубежных объектов, отличающихся архитектурной выразительностью и креативным конструированием. Основопологающей темой является раскрытие некоторых подходов, приёмов, принципов и тенденций взаимосвязи архитектурного и конструктивного формирования объектов выдающихся современных архитекторов, большинство из которых является яркими примерами «Архи-неринга».

В учебно-методическое пособие вошли широко известные и обсуждаемые в архитектурной среде современные зарубежные объекты мировой архитектуры: крупный автомобильный центр, с архитектурным образом, на основе трилистника, с переходными от горизонтали к вертикали объёмными конструкциями типа «Твист», с формирующими объёмно-пространственные решения разнообразными видами большепролётных конструкций здания аэропортов, стадионов, библиотеки, многофункциональные общественные центры общения, административные, офисные здания и банки, выполненные ведущими архитекторами современности, такими как Норман Фостер, Ренцо Пьяно, Сантьяго Калатрава, Ричард Роджерс, дуэт Кууп Чимельбау Вольф Прикс и Гельмут Свицински, Жак Герцог и Пьер де Мерон и рядом других авторов.

Рассмотрены по сложившейся в первой части пособия методике объекты промышленной архитектуры: престижное административное здание – «кантиливер» в Линце с огромным консольным вылетом и новый тип энергоэффективных сооружений в Мюнхене, генерирующий энергию из возобновляемых источников энергии. В пособие вошло также здание Центра Помпиду в Париже, удивившее в своё время весь мир и открывшее страницу в истории «Хай-тека».

На примерах отобранных нами ещё ряда объектов, мы, в силу своих ограниченных возможностей, попытались раскрыть конструктивную несущую структуру зданий, затрагивая и современные ограждающие конструкции, включая светопрозрачные.

Изложенный материал учебно-методического пособия должен содействовать повышению мотивации творческого процесса курсового и дипломного архитектурного проектирования студентов архитектурных и творческих учебных заведений и способствовать повышению их профессионального потенциала. Пособие предназначено, будем надеяться, не только для студенческого дипломного и курсового архитектурного проектирования при поиске соответствия образа основным несущим конструктивным решениям, но и, учитывая затронутые концепции развития архитектурно-конструктивных формирований современных зданий и актуальность переходного периода Республики Беларусь на европейские нормы проектирования, для профессиональных архитекторов-проектировщиков.

1. МУЗЕЙ МЕРСЕДЕС-БЕНЦ В ШТУТГАРТЕ (MERCEDES-BENZ MUSEUM IN STUTTGART)

Неподалёку от расположенного под Штутгартом автомобильного завода в 2006 г. открылся новый музей компании «Мерседес – Бенц», который признают шедевром «компьютерного барокко». Выразительное скульптурное здание музея, формирующее новые ворота в город, вошло в сеть силуэтных символов Штутгарта. Архитекторы: Ben van Berkel, Caroline Bos, инжиниринг: Werner Sobek Ingenieure, выставочная площадь составляет 16,5 тыс. м², площадь (в плане) – 4,8 тыс. м², высота здания 47,5 м.

В основе архитектурного решения – форма трилистника. Лист клевера в стилизованном виде напоминает три смещённых друг к другу круга. Если круги раздвинуть возникает пустота – треугольный атриум, вокруг которого формируются полукруглые этажи. Внутреннее пространство получилось сложным: в здании все поверхности искривлены, нет ни одного прямого угла. Загадочная, металлическая, блестящая скульптура открывается при проезде по автобану. Наклонное ленточное остекление, уровни этажей, похожие на клеверные листья, нанизанные по вертикали и закручены по центральному атриуму, бетонные стены с открытой высококачественной поверхностью впечатляют как внутри так и снаружи (рис. 1.1–1.3).

Просмотр начинается сверху здания по двум путям спирально сбегающим вниз. Один из них связывает цепочкой семь павильонов – «Мифов» («Легенд») об истории. Другой, соединяющий пять выставочных залов, демонстрирует основную «Коллекцию». Посетители обходят здание по периметру, как будто перемещаясь в своего рода машине времени. Лифты-капсулы доставляют посетителей на верхние этажи. Музейные павильоны двух тематических типов – «Мифы» и «Коллекция» – имеют диаметрально противоположные облики. Помещения, в которых представлены исторические документы, напоминают замкнутое театральное пространство с искусственным освещением. Павильоны с четырёхколёсной техникой, напротив, открыты дневному свету, льющемуся из панорамного остекления. Четыре элемента составляют «Мифы»: иллюстрированная хроника, основная стена, сцена и рабочий стол. Соседние павильоны «Мифы» смещены в плане относительно друг друга на 120°, в каждом из них имеется переход в расположенный на метр ниже павильон «Коллекция». Обе тематические траектории спуска постоянно пересекаются наподобие спиральной молекулы ДНК. Благодаря винтовым и двойным искривлённым поверхностям создаётся совершенно новое восприятие пространства как динамичной и бесконечной структуры. В концепции здания музея соединились несколько радикальных принципов организации пространства, что создаёт в итоге совершенно новую типологию, где удалось совместить инфраструктуру и выставочное пространство (рис. 1.3).

Привычные чертежи ортогональных проекций недостаточны для корректной передачи сложной формы здания, включающей в себя поверхно-

сти двойной кривизны. *Всё должно поддерживать скульптурный образ здания. Сложная геометрия здания была полностью спроектирована на основе трёхмерного проектирования, что являлось абсолютным новшеством в строительстве. Инженеры в тесном контакте с архитекторами смогли развить конструктивное решение, позволившее перекрыть 30-метровый пролёт с минимальными конструктивными высотами. Параллельно производились контрольные измерения на реальных образцах, гарантирующие правильность расчётов. Почти все элементы были возведены с открытой текстурой бетона. Качество финишной поверхности бетона: однородности и постоянства текстуры, пористости и цвета — гарантировалось. Несущие конструкции должны были спроектированы так, чтобы комплекс инженерных сетей мог прокладываться в пределах их поперечного сечения. В здании 9 этажей. Конструктивные элементы включают в себя перекрытия, ramпы «Мифов» с их внешними стенами высотой в этаж, «Твисты», фасадные наклонённые колонны и ядро (остов) с лестничными клетками. Вертикальные нагрузки передаются внутренними коммуникационными ядрами, стенами и колоннами по полукруглому фасаду. Горизонтальная устойчивость обеспечивается связующим вертикальным остовом, проходящим через всю высоту здания (рис. 1.4–1.6).*

Сталебетонные конструкции перекрытий состоят из стальных, включая композитных, балок с армированным бетонным верхним слоем. На уровне «Мифов» балки опираются на внутренний остов или верхнее ребро «Твиста» и ramпы. На уровне «Коллекции» балки перекрытий опираются на стену ramпы «Мифа», на внутренний остов и с уклоном — на нижнее ребро «Твиста».

Колонны в здании чётко просматриваются на фасаде, они наклонены внутрь и поддерживают изгибающиеся рёбра внешней оболочки стенового ограждения. Все колонны расположены в пространстве под разными углами, имеют различные высоты. Колонны нижних уровней — шестиугольной формы с размерами сечений $1,6 \times 0,8$ м. На верхних уровнях их сечения становятся в виде равносторонних треугольников с размером стороны 0,8 м. На протяжении всей длины колонны поворачиваются на 180° , по оси поворота устанавливается треугольная опалубка, что визуально делает колонну тоньше.

Rампа «Мифа» состоит из настила перекрытия по полым балкам коробчатого сечения переменной высоты. Балки передают свой собственный вес и нагрузки от настила на остов и колонны фасада. Поперечные элементы в пределах коробчатых балок гарантируют эффективную передачу нагрузок от ramп (скатов) на колонны. Ramпы имеют приблизительно ромбовидное поперечное сечение с периферийной стенкой толщиной 50 см.

Так называемый «Твист», благодаря которому осуществляется плавные переходы от горизонталей к вертикалям, имеет коробчатое сечение, повёрнут по своей оси, образуя двойную кривизну сторон. Он начинается как балка прямоугольного сечения $5,4 \times 7,1$ м (h), достигая длины 32 м,

плавно уменьшается до высоты 1,4 м и одновременно значительно расширяется до 35 м при уклоне 20°. «Твист» имеет сравнительно сложную внутреннюю несущую структуру с индивидуальными поперечными стенами и решётками. Чтобы перераспределить огромные усилия в опорных точках «Твистов» применялась большая стальная вставка во внутренней поперечной стене. Дополнительный несущий элемент был также встроен в стену остова, который воспринимал кручение и боковой сдвиг. Стены остова в 50 см соответствуют требованиям передачи нагрузки равной 11 МН на каждую опорную точку.

Была выполнена полноразмерная модель «Твиста». На её примере специалисты тренировались делать поверхности двойкой кривизны. Была найдена идеальная формула для приготовления бетона, а также выбран метод бесшовного соединения произведённых из него деталей (рис. 1.7).

В здании существуют четыре схожих «Твиста», но они различаются по положению колонн и опорной ситуации. Каждый из четырёх бетонных «Твистов» с пролётом почти 35 м был отлит из 19 сегментов, чтобы сформировать единый несущий нагрузку элемент с многочисленными пустотами.

Музей начинает показ экспозиции с «Press-how» со звуковыми и визуальными эффектами поездки в прошлое, а заканчивается эта двойная игра по пути следования сверху вниз на уровне отдела «Автогонки и рекорды», как большой финал с многократными точками соприкосновения «Мифов» и «Коллекций», как эмоциональная кульминация музея.

Фасад здания формируется двумя лентообразными плоскостями – остеклённой и глухой – алюминиевой ($\delta = 4$ мм), закручивающимися по спирали вокруг здания (рис. 1.8–1.10).

Концептуальная идея была основана на развитии здания как процесса аналогичного технологиям изготовления автомобиля.

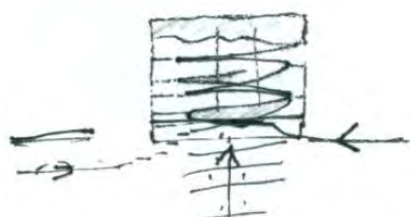




Рис. 1.1. Общий вид музея Мерседес-Бенц

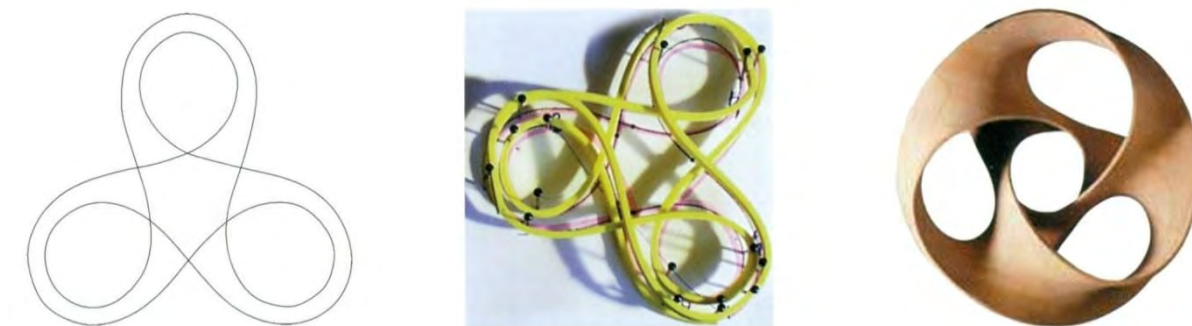


Рис. 1.2. Объемный поиск

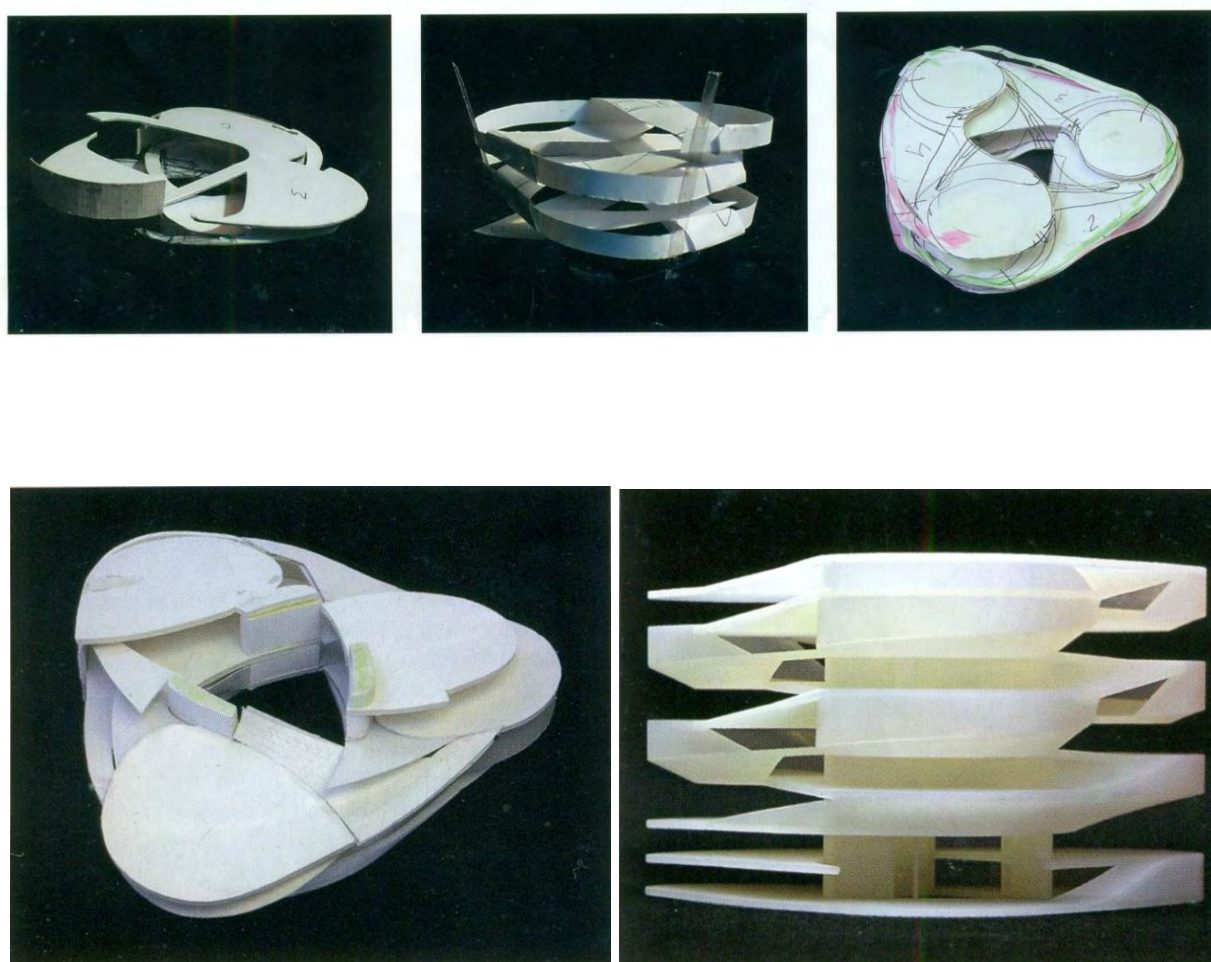


Рис. 1.3. Разработка концепции «клеверный лист»

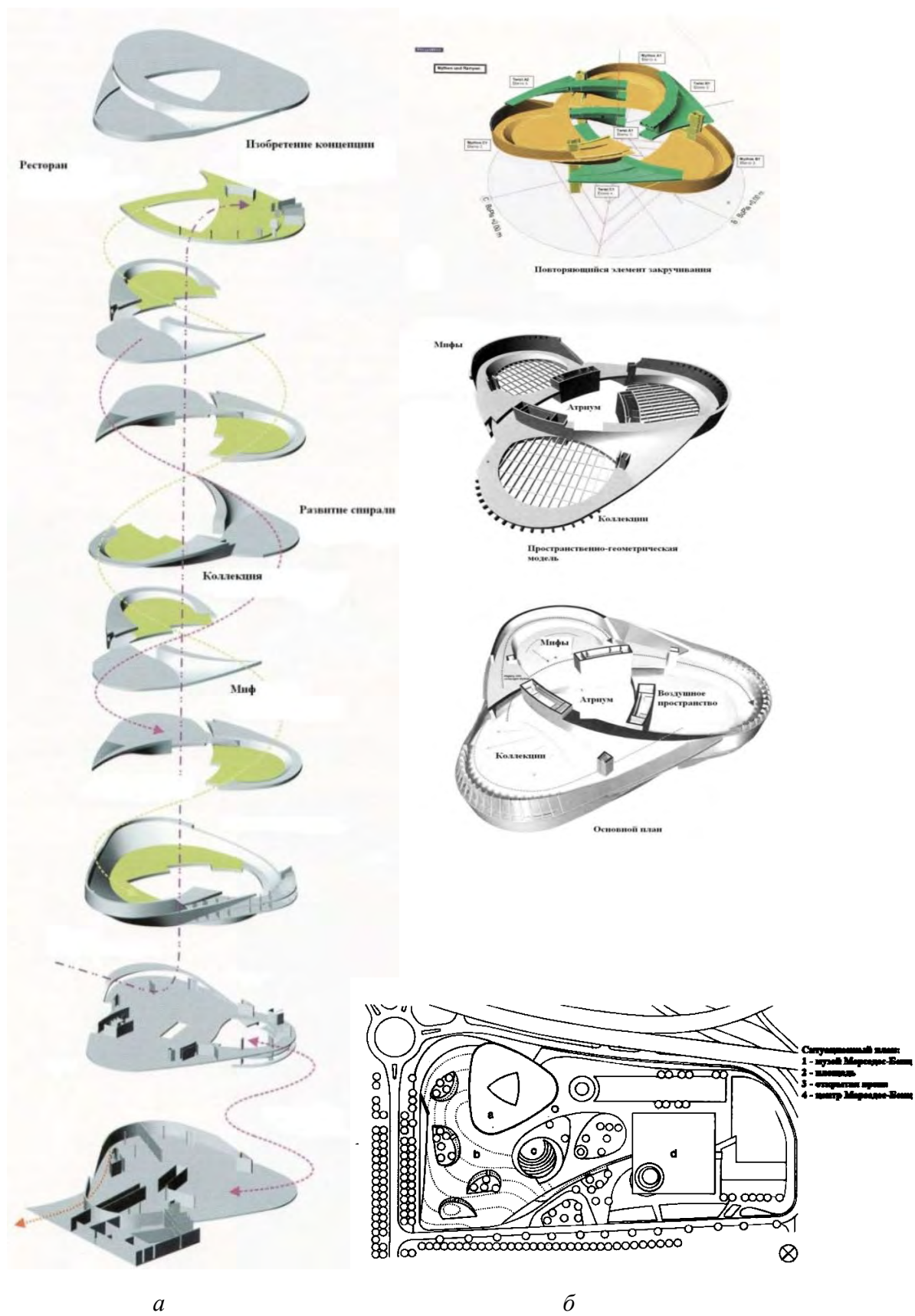


Рис. 1.4: *a* – модель развития; *б* – ситуационный план

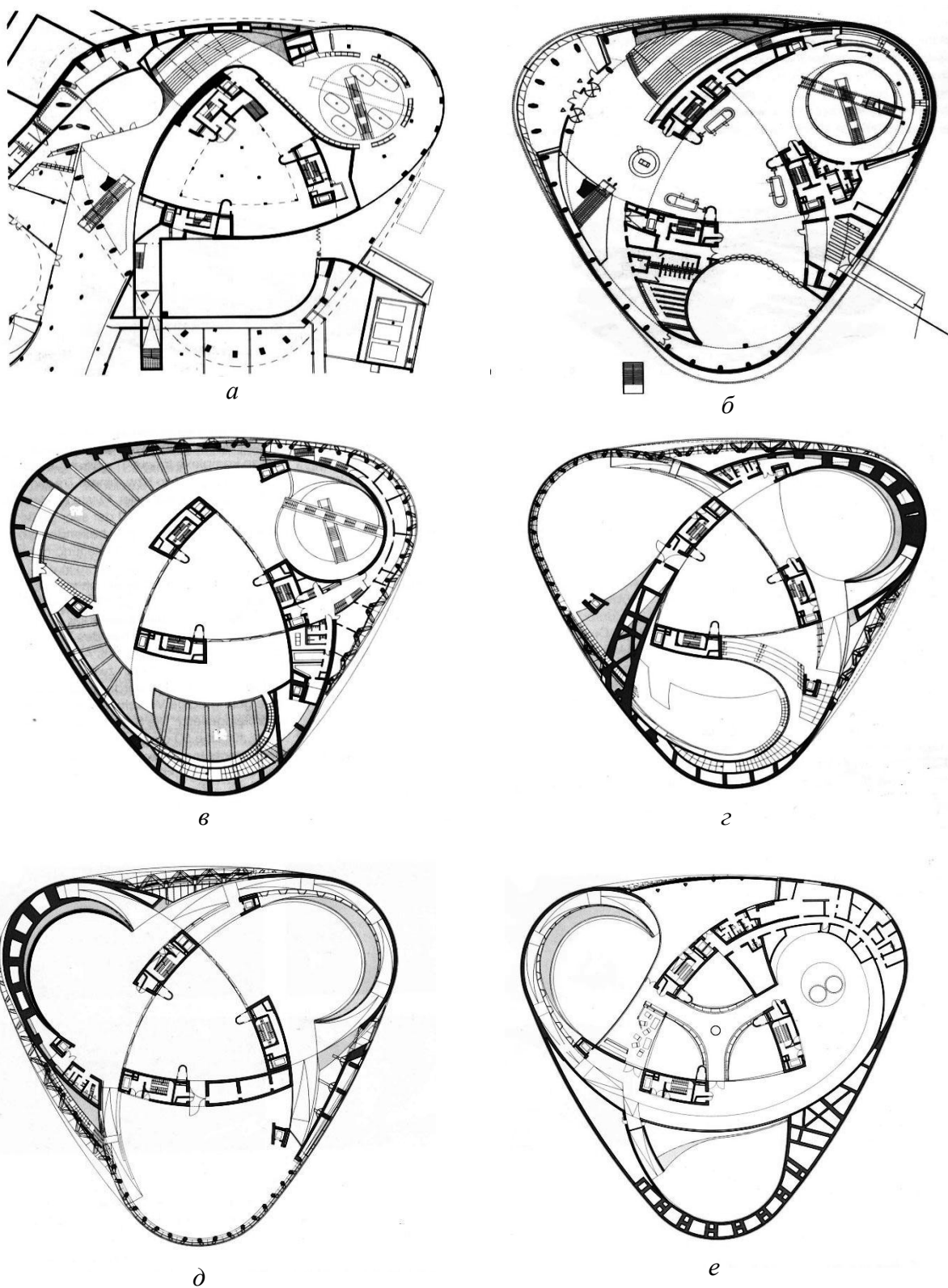
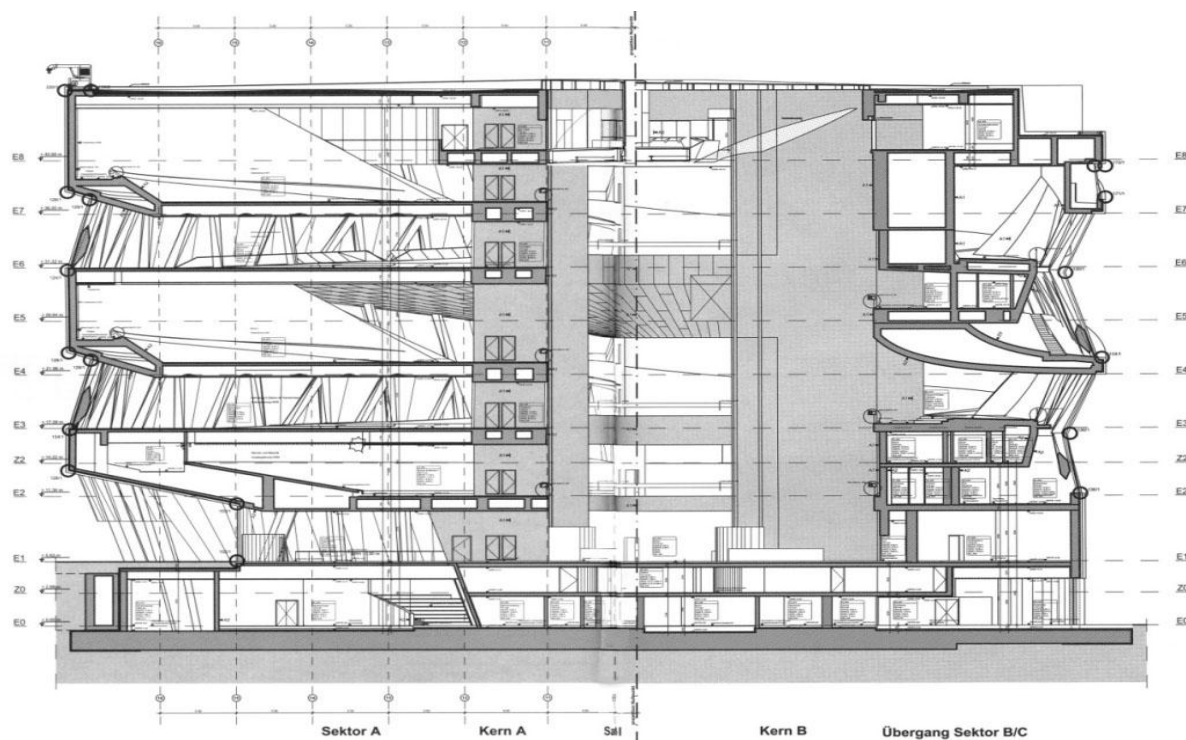
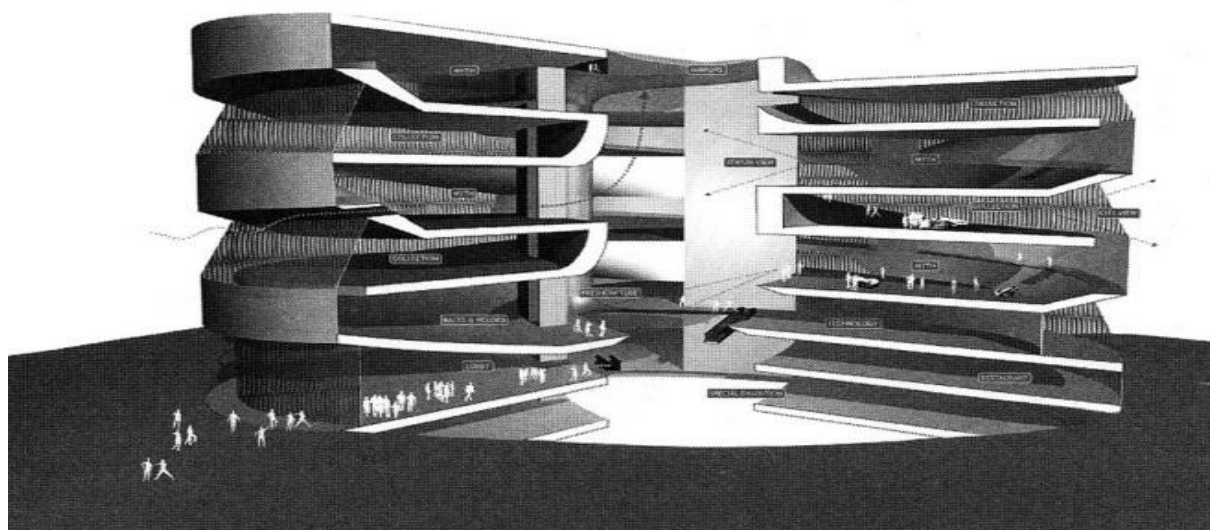


Рис. 1.5. Планы этажей: *а* – план нулевого уровня; *б* – план 1-го уровня; *в* – план 2-го уровня; *г* – план 3-го уровня; *д* – план 7-го уровня; *е* – план 8-го уровня.



a

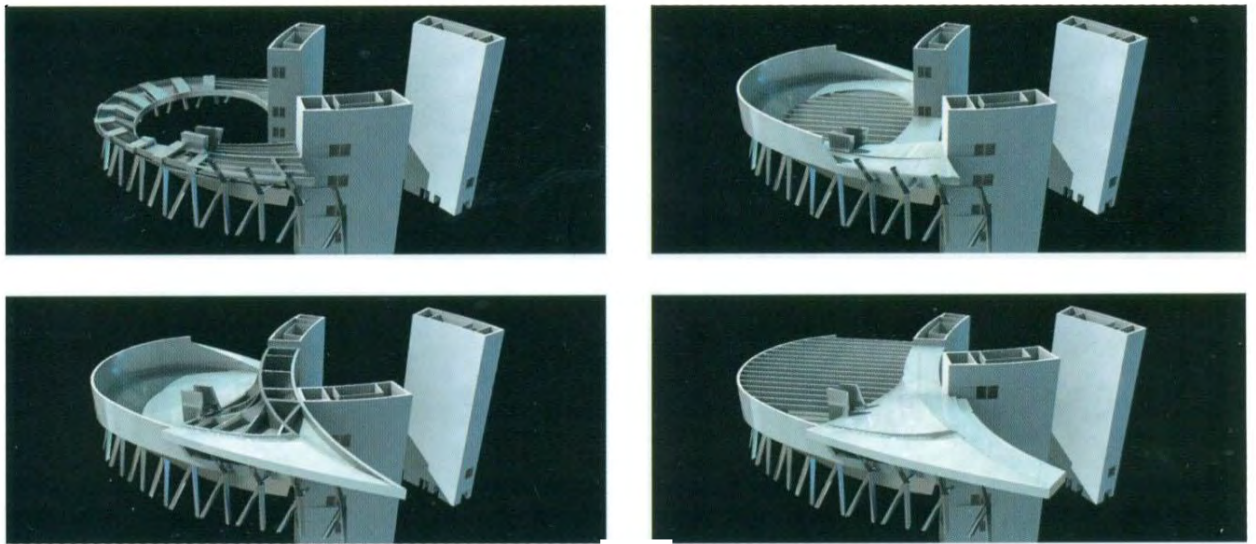


b

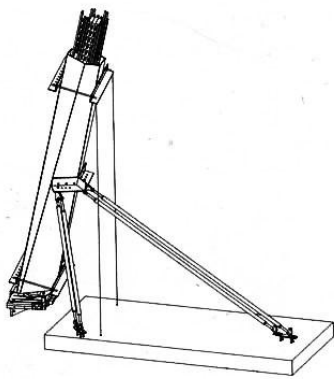


v

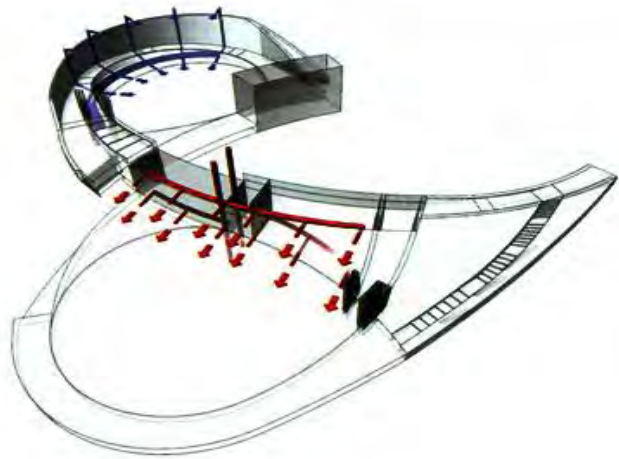
Рис. 1.6: *a* – главный разрез; *b* – пространственная модель разреза;
v – пространственные объемные модели



a



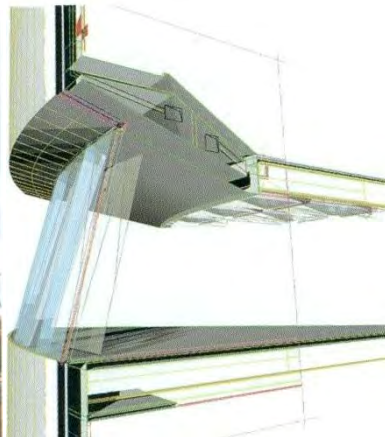
б



в



г



д



е

Рис. 1.7: *a* – поэтажное строительство основных частей; *б* – колонна фасада;
в – диаграмма, показывающая интеграцию сервисной установки на уровне «Мифа»;
г – макет «Твиста» в масштабе 1:1; *д* – 3D модель фасада;
е – макет фасада в масштабе 1:1



Рис. 1.8. Строительство

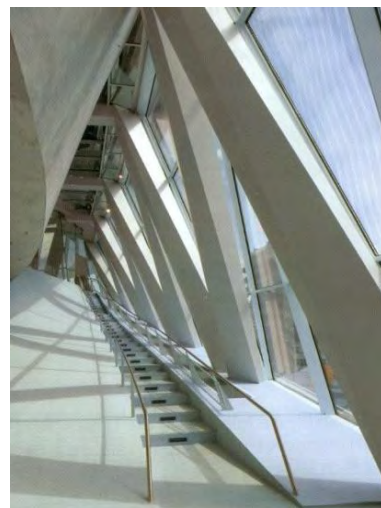
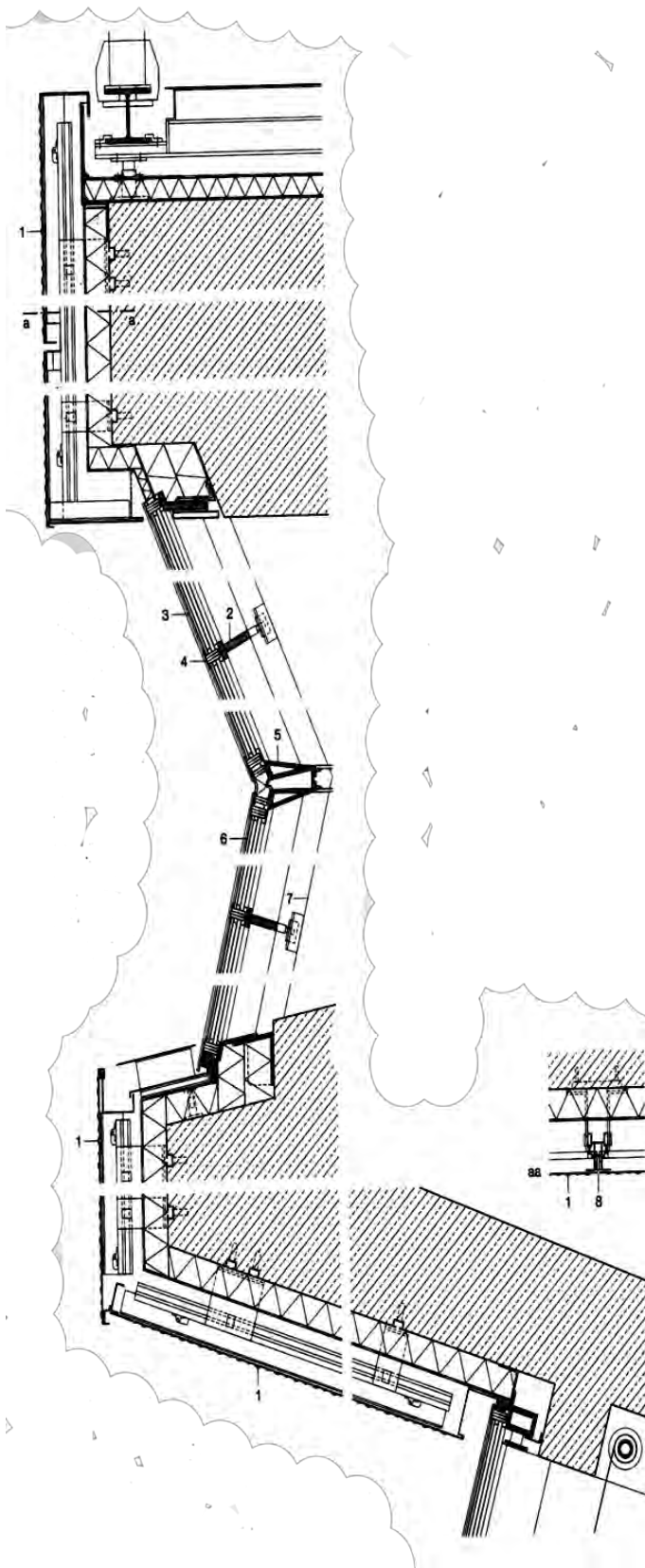


Рис. 1.9. Аттический уровень, элемент вогнутого стеклянного фасада между зонами выставки:

- 1 – алюминиевые листовые фасадные панели толщиной 4 мм;
- 2 – скользящая опора, состоящая из сваренных стальных плоскостей;
- 3 – солнцезащитное застекление, выполненное с непрерывным ультрафиолетовым защитным покрытием;
- 4 – фиксирующие полосы;
- 5 – стальной профиль;
- 6 – солнцезащитное остекление с ультрафиолетовым защитным покрытием;
- 7 – сложная железобетонная колонна в стальном корпусе несъемной опалубки;
- 8 – вертикальная полоса фиксации

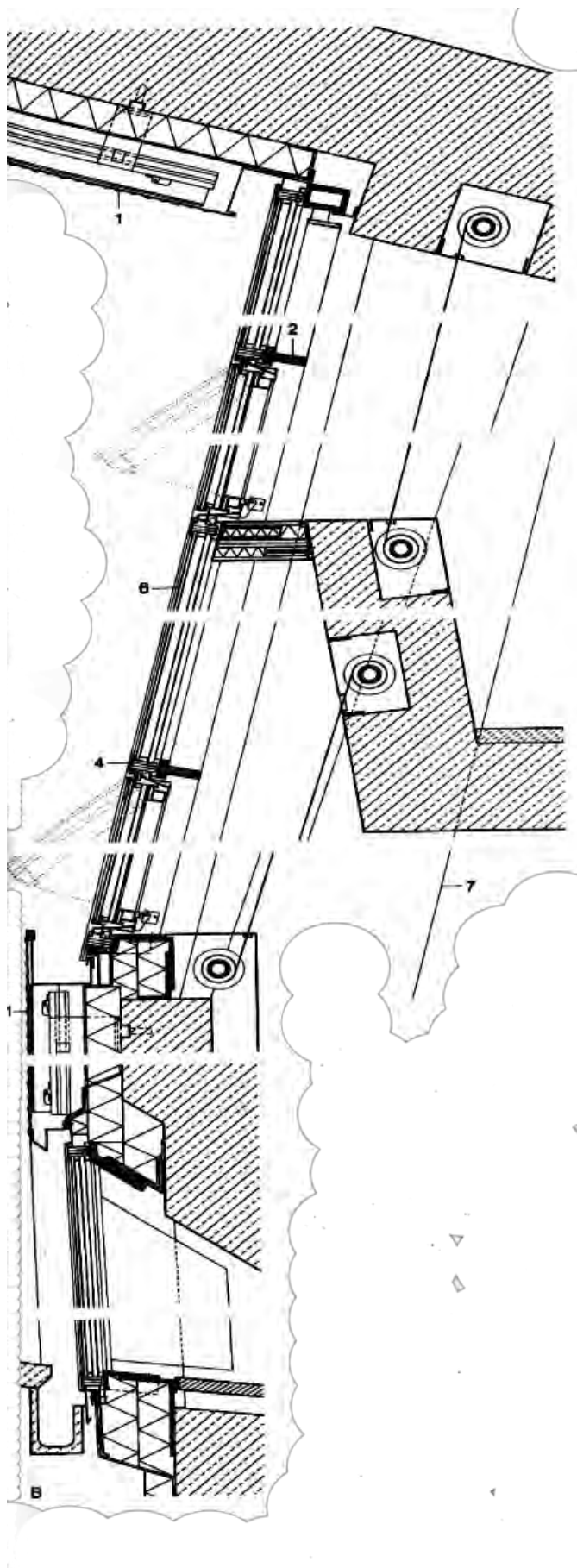


Рис. 1.10. Элемент офисного фасада высотой в 2 этажа:

- 1 – алюминиевые листовые панели толщиной 4 мм;
- 2 – скользящая опора;
- 3 – солнцезащитное застекление, выполненное с непрерывным защищающим от ультрафиолета покрытием;
- 4 – фиксирующие полосы;
- 5 – стальной профиль;
- 6 – изолированное остекление;
- 7 – сложная железобетонная колонка с листовой сталью;
- 8 – вертикальная полоса фиксации

2. РАТУША (СИТИ-ХОЛЛ) В ЛОНДОНЕ

Ратуша в Лондоне (иначе называемое «GLA Building») – великолепный образец современного подхода к решению архитектурных проблем. *Геометрическая форма здания близка к сфере*, расчёт которой проще по сравнению с другими геометрическими объёмами. Подробное моделирование с помощью компьютера позволило точно рассчитать его конструкцию и инженерное оборудование.

Творение *английского архитектора сэра Нормана Фостера* сравнивали то с мотоциклетным шлемом, то с кокном, но больше всего это здание на набережной Темзы похоже на *гигантское яйцо*, тонко нарезанное ломтиками. Форма огромной сферы возвышается над волнами реки, благодаря ей сооружение получило не только эстетически необычный вид, но и стало более практичным. *Изначальная форма здания была сферической* (строго симметричной), *но* после тщательного анализа потока солнечной энергии, приходящегося на различно ориентированные по сторонам света его ограждения в течение года, *здание приобрело более обтекаемую и динамичную форму*. Используя цифровые технологии, стало возможным рассчитать теплопотери в каждой части здания. *Благодаря оптимальной форме, покрытию и ориентации фасадов удалось добиться экономичного энергосбережения*. Проект был выполнен в 1998 г., строительство сооружения продолжалось около 5 лет и было завершено летом 2002 г. Стоимость объекта – 65 миллионов фунтов (рис. 2.1).

Нижние этажи здания Сити Холла намного шире, чем верхние: кверху постройка заметно сужается, благодаря архитектурному формообразованию все этажи потребляют *максимальное количество солнечного света*. Это отличная экономия на искусственном освещении помещений. Архитектор, уделяя много внимания структурным кривым в облике здания, сделал объект прозрачным.

В здании мэрии инженерные решения неотделимы от архитектурного облика самого здания и направлены на *снижение энергопотребления, экологичность и повышение качества микроклимата в помещениях*. Это позволяет создателям здания говорить об «интегрированной» энергосберегающей системе климатизации. В здании используется комбинация систем естественной и механической вентиляции.

Здание покрыто 3844 стеклянными панелями, ни одна из которых не повторяется. Каждый лист вырезался лазером по уникальному лекалу. У сооружения нет фасада и задней части как таковых, а внешний вид зависит от погодных условий и атмосферных явлений. Здание имеет *заметный наклон южной стороны (17°)*, *эта форма была выбрана*, по соображениям минимизации теплопотерь через оболочку здания, и для оптимизации энергетического воздействия наружного климата на здание.

Необычный силуэт здания мэрии значительно изменил панораму этой части Лондона, создав запоминающийся ориентир, перекликающийся с Лон-

донским Тауэром и военным кораблём-музеем – крейсером «Белфаст», стоящим на Темзе напротив Тауэра. Весь Сити Холл, на территории которого располагается мэрия Лондона, опоясывает полукилометровая галерея, с неё можно свободно наблюдать за работой членов Лондонского собрания. Сити Холл также называют «Лондонской гостиной» за роскошные панорамные виды, открывающиеся с оборудованных площадок комплекса, а используется она для встреч и выставок.

Здание высотой 45 м включает 11 этажей, один из них – ниже уровня земли. По спирали поднимается наклонная пилообразная плоскость лестницы (рампа), проходящая сквозь все 10 наземных этажей здания. Эта стройная, динамичная, непрерывная структура шириной 1,5 м, высотой 0,4 м подвешивается к каркасу здания (рис. 2.2–2.5).

Горизонтальные нагрузки являются фундаментальными для проектируемого здания. Горизонтальные нагрузки передаются через стальные лучи из двутавровых балок, сходящихся в узлах на наклонных опорах этажей, формирующих первичную раму. Железобетонное ядро, расположенное в центре здания, со стенами толщиной 300 мм, обеспечивающее стабильность сооружения от действия горизонтальных нагрузок, и четырнадцать стальных колонн круглого сечения (полые опоры с диаметром 500 мм) несут плавно растущие, округлые в плане перекрытия с максимальным диаметром 45 м. Между стальными колоннами используются также и диафрагмы жёсткости.

Ограждения атриума формирует треугольная укрупнённая модульная структура, состоящая из стальных труб диаметром $\varnothing = 320$ мм. Наклонные дуги структуры крепятся на каждом втором уровне, горизонтальные дуги, установленные на нечётных уровнях, опираются на жёсткие конструкции этажа. Эта структура также продолжает покрытие сооружения. Геометрия здания основывается на круговых (сферических) формах, которые в основном определялись расчётам.

Все фасадные элементы имели различную форму и индивидуально крепились согласно компьютерным координатам, чтобы по зданию в целом не накапливались отклонения. По контурам стальной структуры фиксировались голографические элементы, позволяющие с педантичной точностью возводить здание при помощи 3D компьютерной модели. Сопротивление теплопередаче светопрозрачных элементов фасада составляет $R_0 = 0,83 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, непрозрачных – $R_{\text{ст}} = 5,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Размещая голографические элементы по краям стальных конструкций осуществлялся контроль за соответствием возводимого объекта и трёхмерной компьютерной модели. Все компоненты облицовки фасада различны по форме. Монтаж каждого элемента в соответствии с компьютерными координатами позволил избежать погрешностей.

Из-за сложного пространственного распределения нагрузок возвели самый большой в Лондоне плитный свайный фундамент с высотой свай 20 м. В мировой практике появилось ещё одно уникальное сооружение, памятник мировой архитектуры, симбиоз гения архитектора и конструктора + современные технологии (рис. 2.6–2.11).



Рис. 2.1. Общий вид Лондонской ратуши

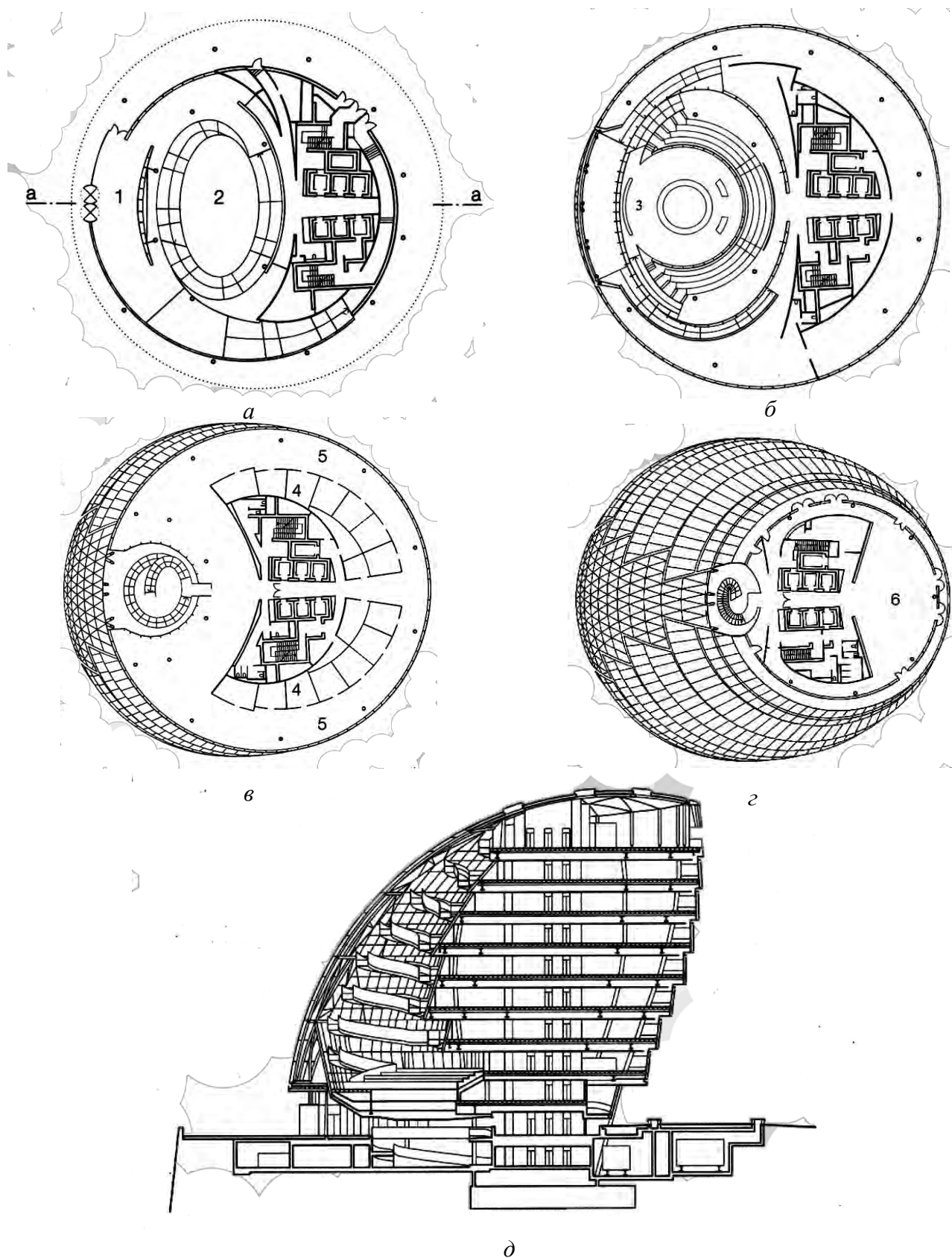


Рис. 2.2. Планы этажей: *а* – план первого этажа; *б* – план второго этажа; *в* – план четвертого этажа; *г* – план десятого этажа; *д* – разрез; 1 – фойе; 2 – пространство над выставочным залом; 3 – зал заседаний; 4 – членские офисы; 5 – ассистентские офисы; 6 – помещение для мероприятий

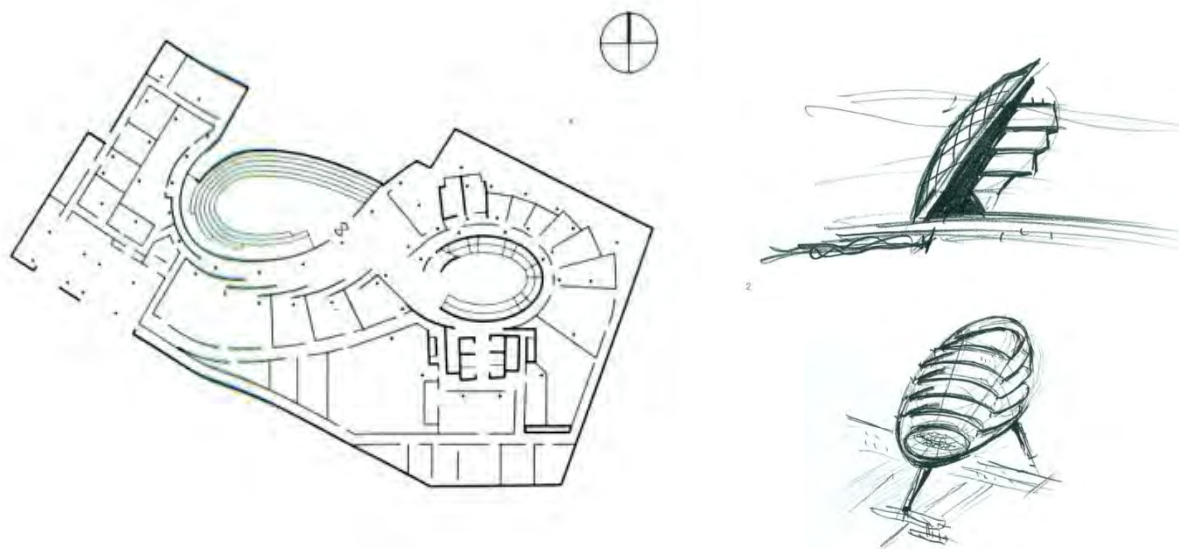


Рис. 2.3: а – план подвала; б –поиски формы

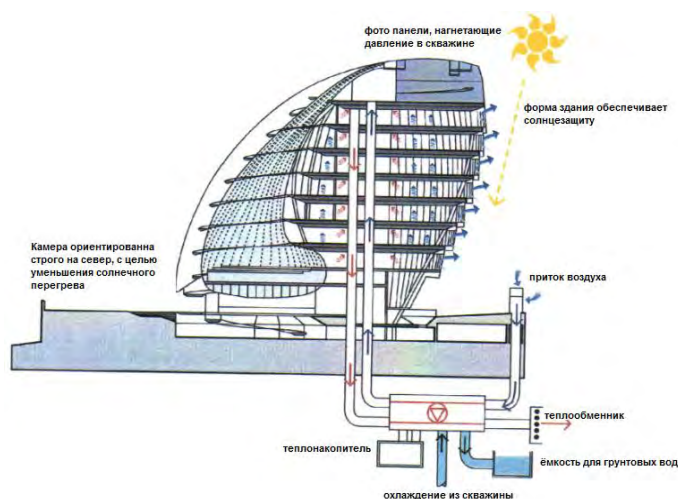


Рис. 2.4. Экологическая концепция здания: 1– сферическая форма здания с минимальной площадью поверхности, снижающая теплопотери и теплопоступления; 2– различные системы покрытия: затемнение в зависимости от ориентации; 3– переработка энергии; 4– пассивное охлаждение, с помощью холодных потоков; 5– независимое воздушное охлаждение; 6– камера ориентирована строго на север, с целью уменьшения солнечного перегрева; 7– отсутствие принудительного охлаждения

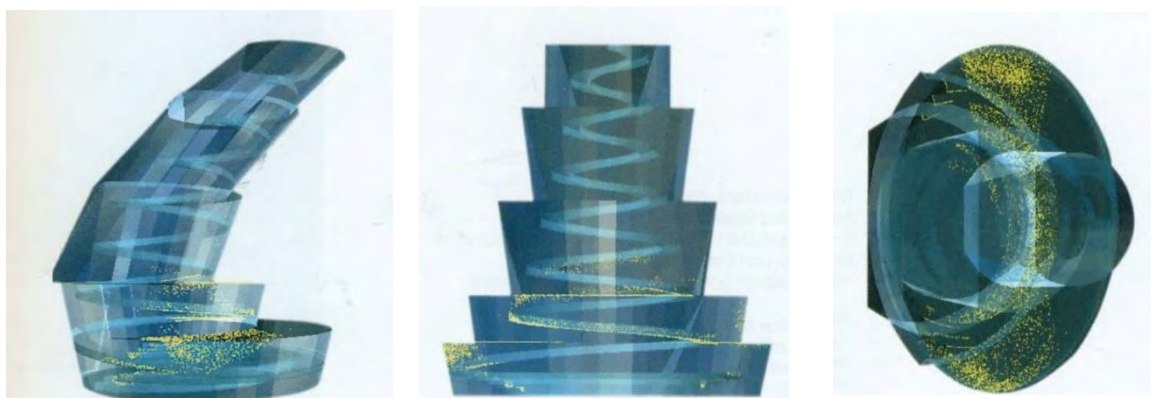


Рис. 2.5. Объемные модели спирали лестничного пространства

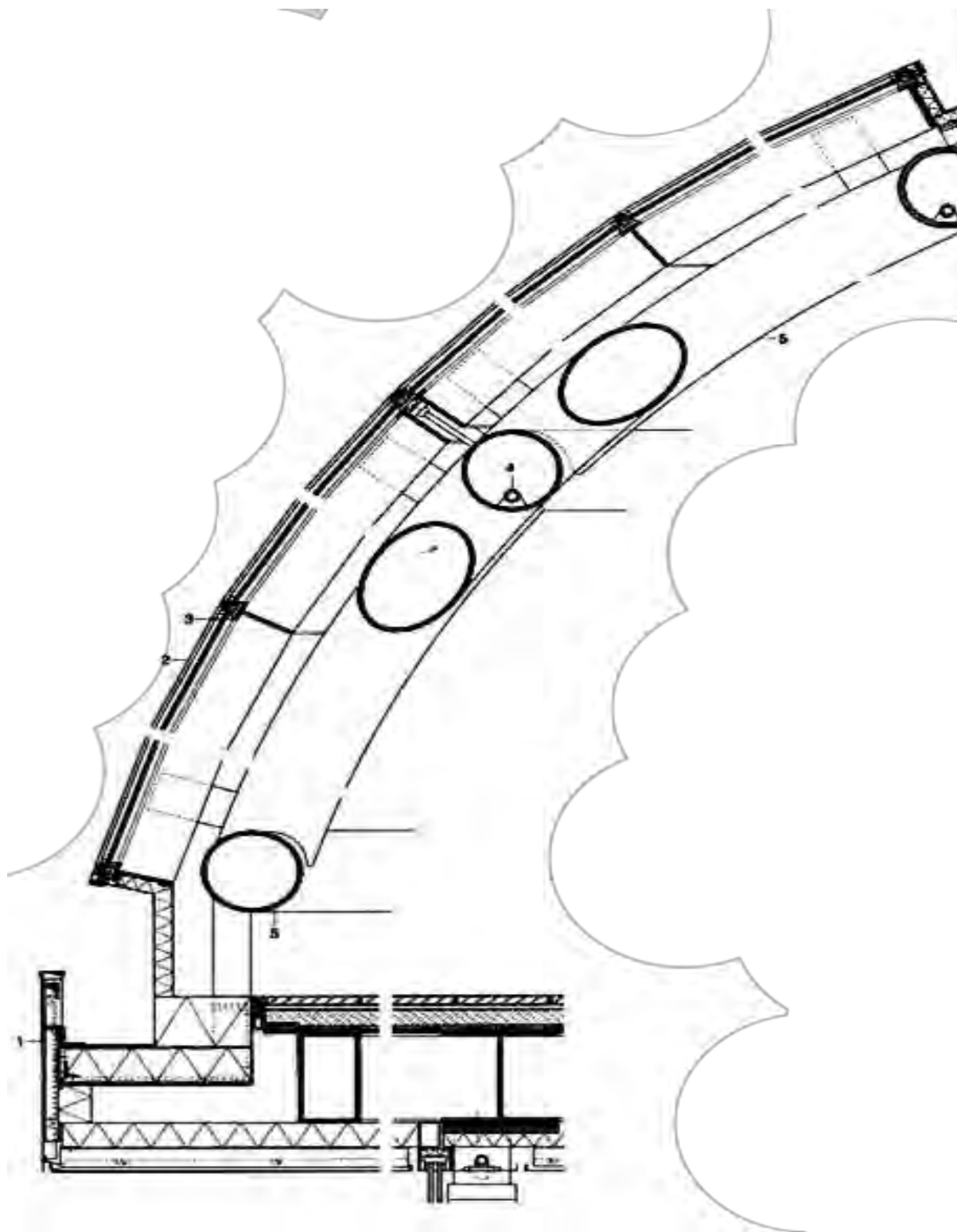


Рис. 2.6. Деталь (1-я половина): 1– двухмиллиметровое защитное алюминиевое покрытие; 2– двойное остекление: 10 мм прессованного стекла + 18 мм полость + ламинированное защитное стекло, изолированное по канту; 3– 180/75/12 сварная стальная *t*-образная секция; 4– нагрев потока воздуха; 5– стальной цилиндр; 6– 2 мм однослойная мембрана, 80 мм теплоизоляция, пароизоляция, 40/183/0,88 трапецевидная листовая сталь, 120/80/10 стальные уголки

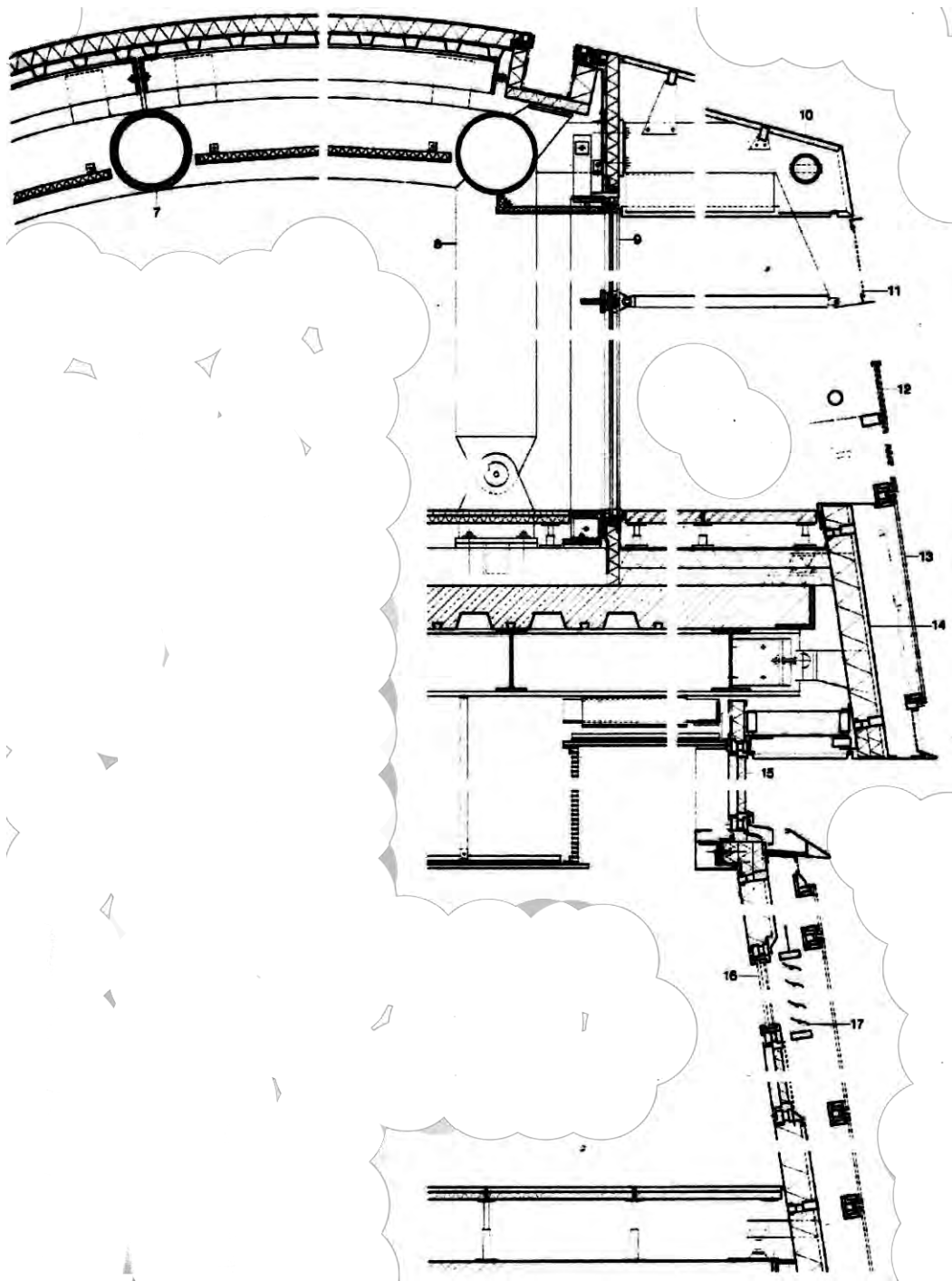


Рис. 2.7. Деталь (2-я половина): 7 – стальная цилиндрическая балка; 8 – стальная цилиндрическая колонна; 9 – двойное остекление 2 × 10 мм прессованного стекла + зазор 18 мм; 10 – алюминиевое защитное покрытие 2 мм; 11 – стальной солнцезащитный перфорированный лист 2 мм; 12 – тройное ламинированное защитное стекло 18 мм, закреплено клеем; 13 – прессованное стекло 10 мм, закреплено клеем; 14 – алюминиевое листовое покрытие 2 мм со 100 мм теплоизоляции; 15 – теплоизоляционная алюминиевая вентиляционная заслонка; 16 – двойное остекление; 10 мм ламинированного защитного стекла + 16 мм зазор + 6 мм стекла; 17 – алюминиевые солнечные жалюзи

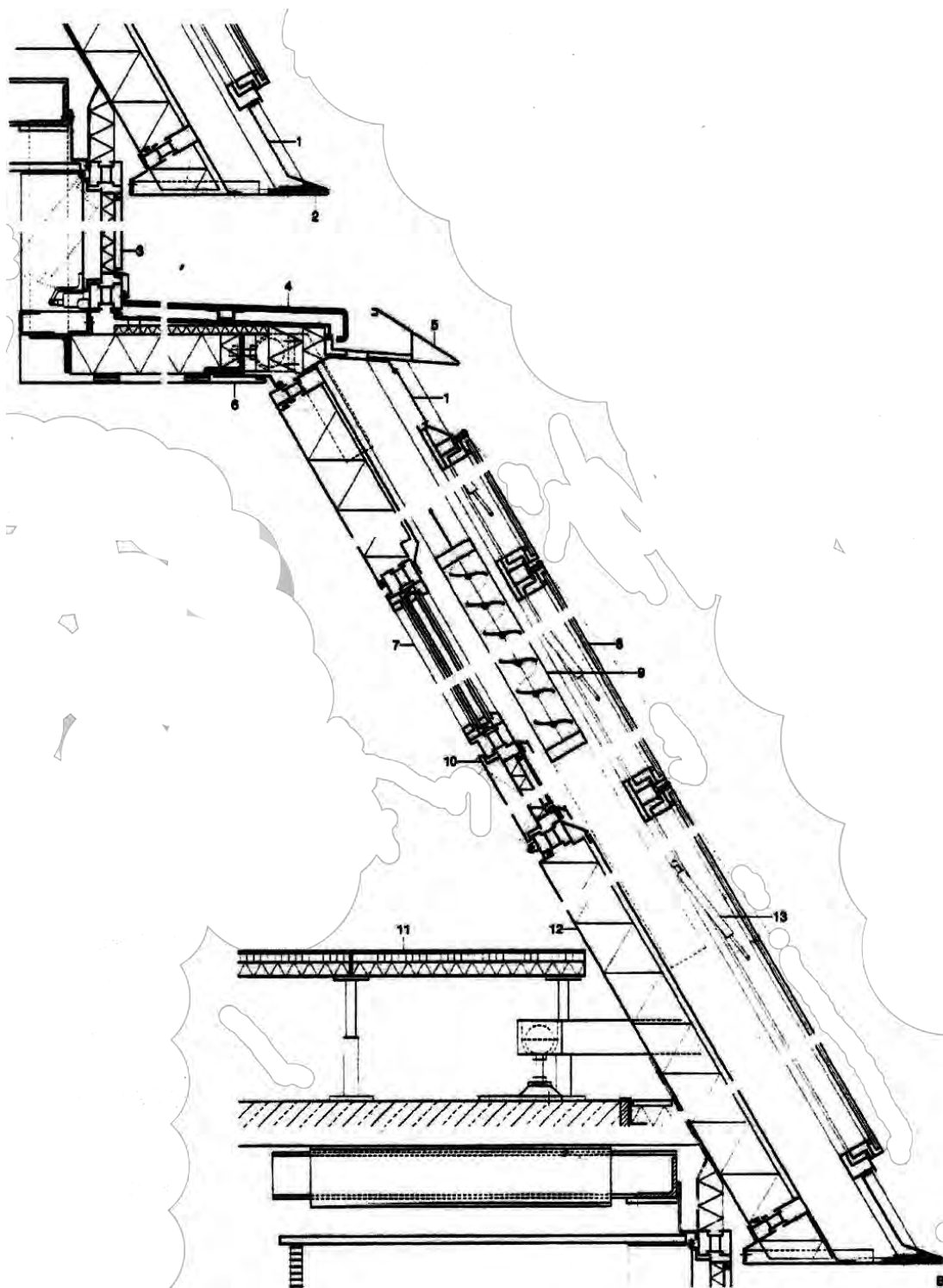
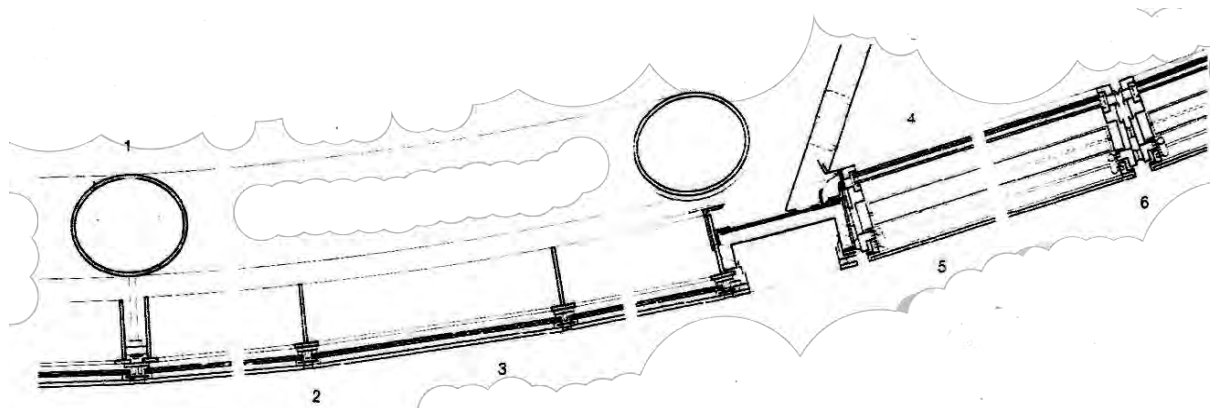


Рис. 2.8. Разрез по офисному фасаду: 1 – перфорированный лист алюминия толщиной 2 мм; 2 – алюминиевый профиль; 3 – тепло-изоляционная алюминиевая заслонка; 4 – анодированный алюминиевый лист 2 мм; 5 – профиль из прессованного алюминия; 6 – покрытие листовым алюминием 2 мм; 7 – алюминиевый оконный переплет с двойным остеклением; 8 – каленое стекло 10 мм, прикрепленное к алюминиевому профилю; 9 – солнцезащита (алюм. Жалюзи); 10 – вентиляция с ручным управлением; 11 – пол с пустотами; 12 – теплоизоляция 100 мм, покрыто 2 мм лист алюминия; 13 – гидравлический подъемник

a



б в

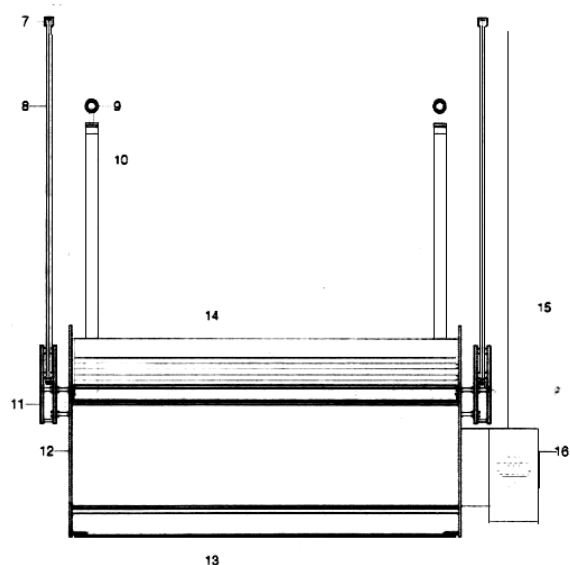
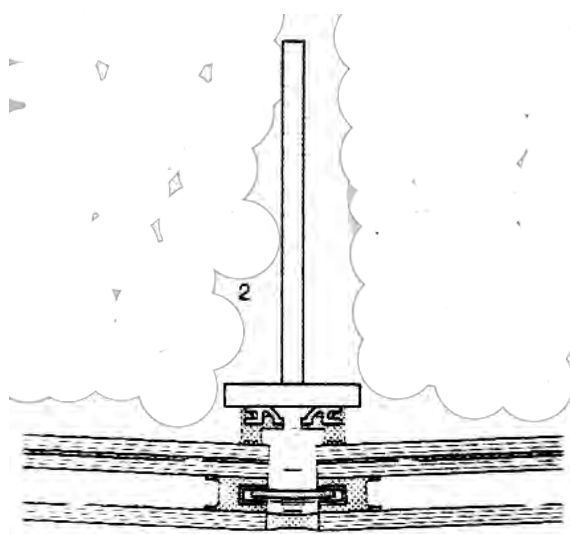
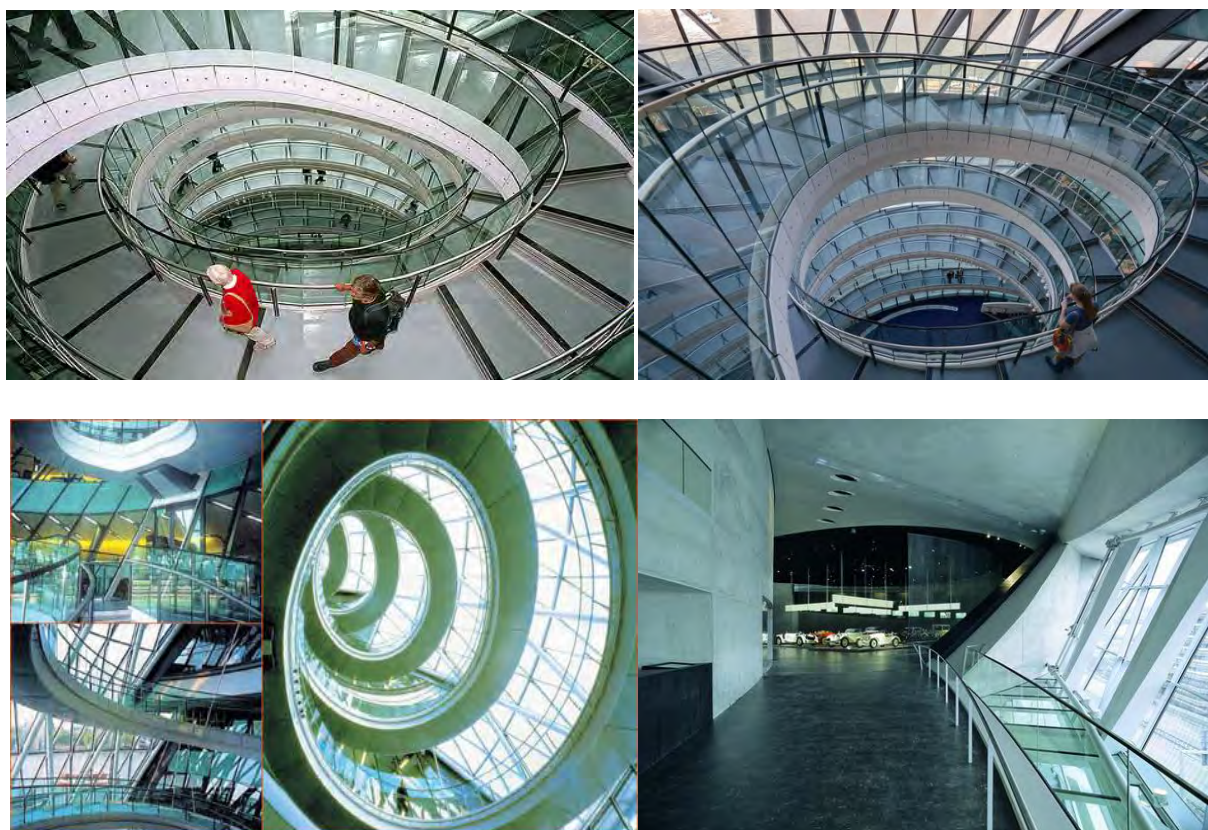


Рис. 2.9: *a* – горизонтальное сечение фасада; *б* – вертикальный разрез пандуса; *в* – деталь: 1 – стальной цилиндр; 2 – стальной сварной тавр; 3 – двойное остекление: прессованное стекло 10 мм + зазор 18 мм + 2 × 8 ламинированное защитное стекло, изолированное по канту; 4 – алюминиевый оконный переплет с двойным остеклением; 5 – прессованное стекло 10 мм прикрепленное к алюминиевой раме; 6 – алюминиевая рама; 7 – кромка из алюминия; 8 – ламинированное защитное стекло 16 мм; 9 – цилиндрический поручень из нержавеющей стали; 10 – цилиндрическая стойка из нержавеющей стали; 11 – стальная пластина; 12 – сварная ферма из листовой стали толщиной 10 мм; 13 – перфорированное алюминиевое покрытие 3 мм со звукоизоляцией 70 мм; 14 – резиновое покрытие 4 мм + арматура 50–150 мм + битумное покрытие 2 мм для ударной звукоизоляции + листовая сталь 10 мм; 15 – стальной поддерживающий прут; 16 – пустотный стальной цилиндр кранштейнового содержания



a



б

Рис. 2.10: *a* – строительство; *б* – интерьеры

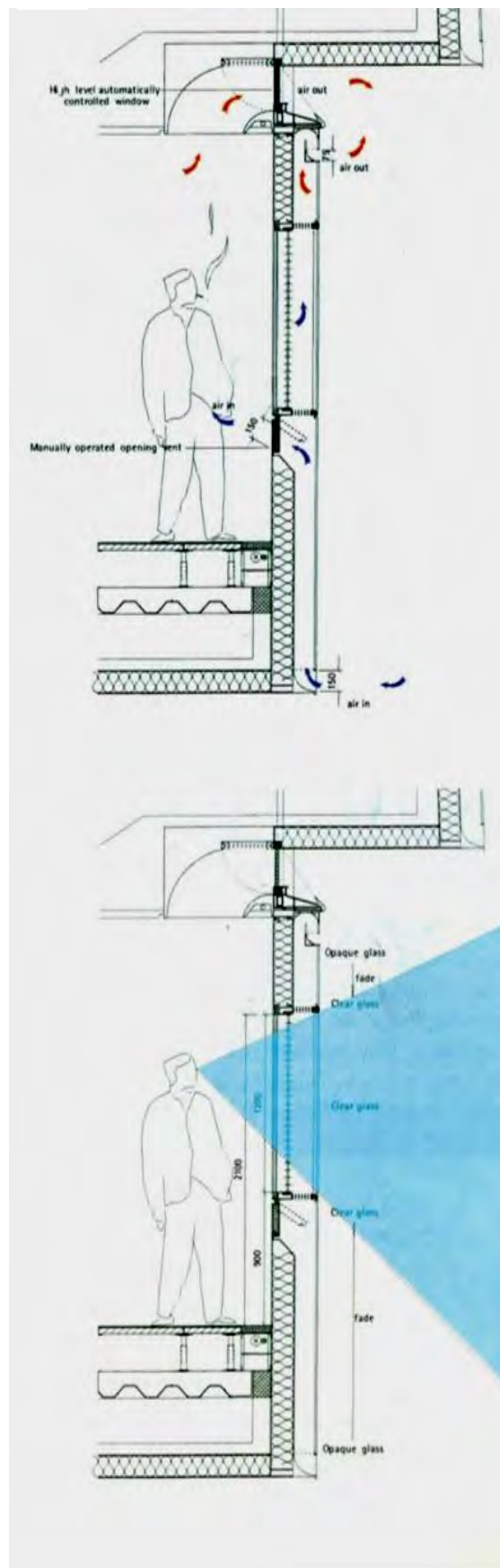


Рис. 2.11: *a* – объемные модели светопрозрачных конструкций; *б* – схема вентиляции

3. ЗДАНИЕ «КОММЕРЦБАНК» ВО ФРАНКФУРТЕ-НА-МАЙНЕ

Башня спроектирована британским архитектором сэром Норманом Фостером (Sir Norman Foster) и его студией «Foster and Partners» (Лондон) в 1993–1996 г. и построена в 1997 г. Она представляет собой радикальный пересмотр всей концепции строительства высотных зданий. Данное здание является экологичным, поскольку при его строительстве старались сохранить и защитить окружающую среду, энергоэффективным, так как при проектировании здания был предусмотрен комплекс архитектурных и инженерных мероприятий, обеспечивающих существенное снижение затрат энергии на его теплоснабжение по сравнению с обычными зданиями при одновременном повышении комфортности микроклимата в помещениях. Здание Коммерцбанка представлено как первый в мире экологический небоскреб.

Сооружение высотой 259 м вмещает 51 надземных этажей, укрупненная площадь этажей – 120 тыс. м². Башня по форме представляет собой равносторонний треугольник с немного выпуклыми сторонами 60 м с закруглёнными углами, с центральным треугольным атриумом, парковкой: многоэтажным гаражом на 300 машин и 200 велосипедов. Стоимость: 300 млн долларов (рис. 3.1).

Это первое высотное здание в Германии, где сталь используется как основной конструктивный материал. Центральная часть здания, в которой обычно располагаются лифтовые шахты, занята огромным треугольным центральным атриумом, проходящим по всей высоте здания. Атриум является каналом естественной вентиляции для смежных офисных помещений здания. Норман Фостер называет центральный атриум «стеблем», а офисные этажи, расположенные вокруг атриума с трех сторон, – «лепестками». Экспрессию формы создаёт закручивающаяся перфорированная трубчатая (ствольная) структура, в которую беспрепятственно могут проникать натуральный свет и свежий воздух.

Каждый этаж имеет три крыла, два из которых выделены под офисные помещения, а третье является частью одного из четырехэтажных зимних садов. Четырехэтажные сады – «зеленые легкие» здания, размещенные по спирали вокруг треугольной формы здания, обеспечивают для каждого яруса вид на растительность и устраняют большие объемы непрерывного офисного пространства. Открытые пространства садов обеспечивают внутренние офисные помещения достаточным количеством дневного света, кроме этого, они могут быть использованы сотрудниками для общения и отдыха. Лифты, лестничные марши и служебные помещения расположены в ядрах-стволах по трем углам сооружения. Такое расположение позволяет сгруппировать офисы и зимние сады. Гигантские наружные решетчатые балки (рамы Виренделя) опираются на стволы по трем углам здания, несут на себе каждый этаж и зимние сады. Это ствольное сооружение работает как защемлённая консоль. Такое решение позволило отказаться от колонн внутри здания и обеспечило конструкции дополнительную жесткость.

Структура Commerzbank по существу – это перфорированная труба, составленная из угловых ядер-столбов и рам (ферм) Виренделя. Эти части работают совместно на сжимающие и изгибающие усилия, создавая прочный и устойчивый остов сооружения. Кроме жёсткости и стабильной устойчивости такое решение концентрирует вертикальные нагрузки по периметру, создавая поэтажные опорные поверхности дисков перекрытий в плоскости фасадов. Четырёхэтажные сады поддерживаются восемьюэтажными фермами Виренделя. Эти двенадцатиэтажные структурные этажерочные сегменты (двенадцатиэтажные «деревни») расположены так, чтобы сады формировались спирально вокруг здания, образуя через каждые четыре этажа сплошной диск перекрытия – горизонтальную диафрагму жёсткости, работающую как составная часть жёсткости и неподвижности объёмной структуры всего здания.

Рамы Виренделя составлены из восьми горизонтальных и четырех вертикальных элементов. Они работают как единое целое, воспринимая горизонтальные и вертикальные нагрузки и равномерно распределяя их в жестких узлах соединения. На горизонтальные элементы опираются перекрытия, формируя открытую планировку внутри крыльев здания. Они несут балочную структуру перекрытий, жёстко соединяясь с ней, увеличивая пространственную жёсткость каркасной системы, максимально сопротивляясь ветровым нагрузкам. Вертикальные элементы распределены по фасаду здания со смещением к угловым колоннам. Таким образом, рамы Виренделя в состоянии воспринимать нагрузки сил тяжести и ветра.

«Мега-колонны» здания состоят из двух вертикальных стальных H-образных колонн, которые возвышаются от фундамента до вершины здания. Они стабилизируются балками и диагональными раскосами и замоноличиванием железобетоном. Это создает очень легкую, но особо прочную структуру, способную воспринимать гравитационные нагрузки башни. Следовательно, бетон также действует как оболочка, дополнительно уменьшающая вибрацию стали от ветровых нагрузок. Реализация композитных несущих опорных элементов здания на основе стали и бетона и есть та самая корневая структура конструирования данного сооружения.

Ядра-стволы запроектированы в трёх углах здания и именно в них, таким образом, концентрируются вертикальные нагрузки. Это потребовало нетрадиционного неравномерного распределения III свай диаметром 1,5–1,8 м и длиной до 48,5 м в фундаментной группе с концентрации кустов свай в этих трех углах здания. Был сформирован жёсткий и массивный железобетонный остов основания клеточной структуры высотой 12 м, чтобы воспринимать и передавать нагрузки на грунт. Эта структура составлена из стен высотой 3 м и горизонтальной сплошной плиты на глубине 7,5 м, толщина которой колеблется в пределах от 2,5 до 4,5 м. Кроме того основанием для свай были пористые и неоднородные известковые породы. Это значительно бы ослабило несущую способность свай. Решение было принято об усилении основания методом инъекции бетона. Для усиления

сцепления свайного фундамента с грунтовым основанием жидкий бетон методом инъекции был введен в почву вокруг оси каждой сваи в радиусе 10 м (более 2 тыс. т бетона). Для ограничения усадки существующего старого 30-этажного здания «Commerzbank», расположенного в нескольких метрах, строители производили забивку свай и заливку монолитного фундамента основания для каждого угла в отдельности (рис. 3.2–3.7).

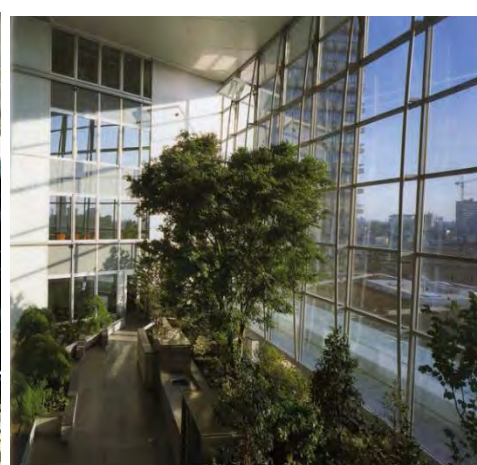
Снижение затрат энергии на отопление здания достигается использованием теплозащитного остекления с сопротивлением теплопередачи приблизительно $0,63\text{--}0,71 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Кроме этого, первый слой играет роль защитной оболочки, уменьшающей конвективный тепловой поток, направленный наружу. Зимой в ночное время пространство между внешней и внутренней оболочками фасада герметизируется, образуя статичную воздушную прослойку, обладающую хорошими теплоизоляционными свойствами.

Снижение затрат энергии на охлаждение здания достигается путем использования герметичных однокамерных стеклопакетов, заполненных инертным газом и отражающих инфракрасное излучение.

Внешняя оболочка здания имеет щелевые отверстия, через которые наружный воздух проникает в полости между слоями. Окна, в том числе и те, которые расположены на верхних этажах, могут быть открыты, что обеспечивает естественную вентиляцию непосредственно до уровня 50-го этажа. Окна, выходящие в атриум, также могут быть открыты. Система внешнего ограждения для офисной области смонтирована из многократно повторяемых модульных панелей, которые соединяются друг с другом, учитывая вертикальное перемещение, вызванное тепловым расширением. Эта система позволяет вести монтаж с высокой точностью и в кратчайшие сроки. Панели крепятся на отnose к консолям, закреплённым к рамам Виренделя, и состоят из двух основных частей: стационарной непрозрачной теплоизолированной секции и открывающегося окна. Каждая панель представляет собой систему существенной толщины двойного остекления, интегрирующую множество мелких компонентов в пределах остекления, включая действующие жалюзи и двигатели к ним (рис. 3.8–3.11).



a



б

Рис. 3.1: *a* – общий вид здания «Commerzbank» во Франкфурте-на-Майне;
б – интерьеры

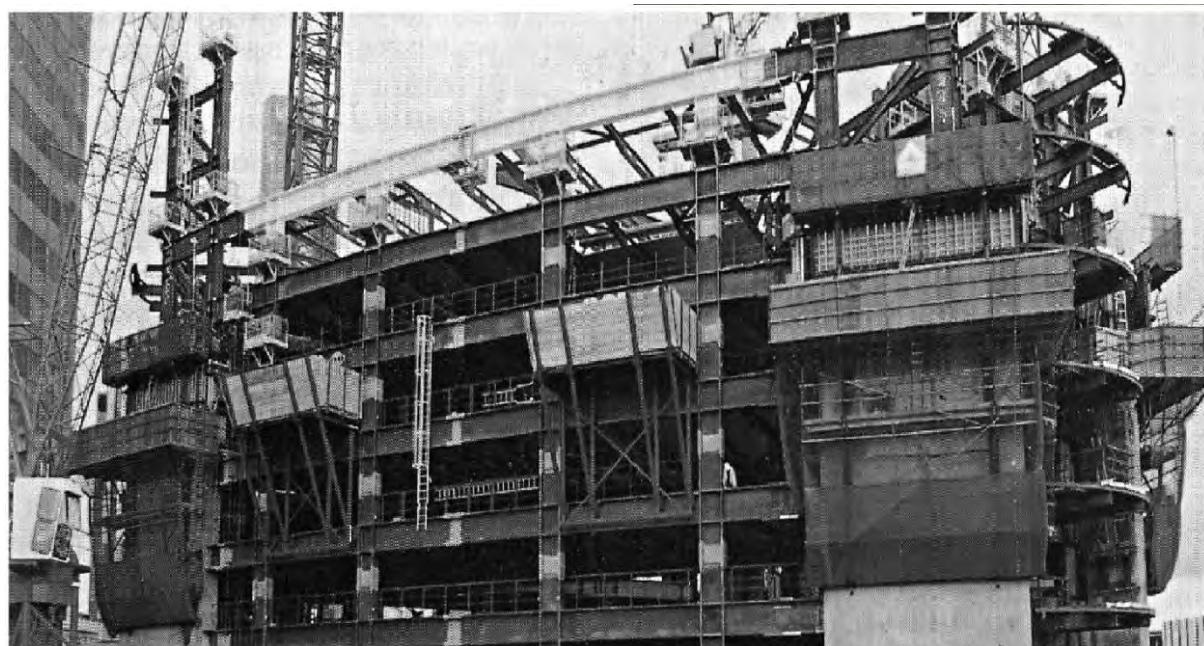
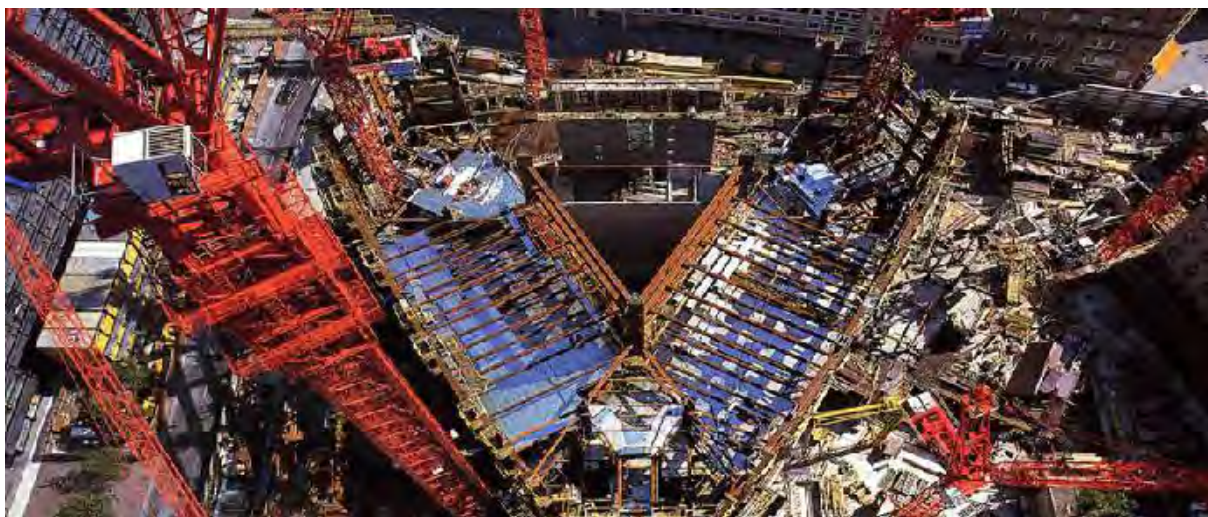


Рис. 3.2. Строительсто «Commerzbank»

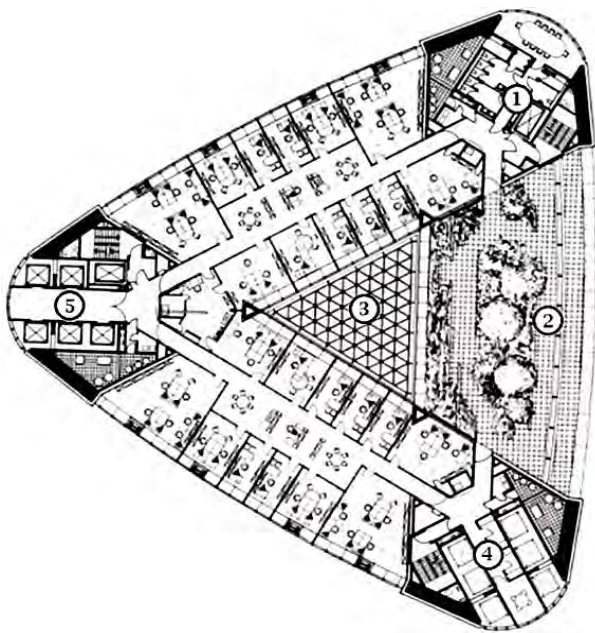


Рис. 3.3. План здания:
1, 4, 5 – лифты, лестничные марши и служебные помещения;
2 – зимний сад «зелёные лёгкие» (в ботаническом аспекте растения садов отражают географическую направленность: -с восточной стороны – азиатская растительность, -с южной – средиземноморская, -с западной – североамериканская);
3 – атриум, он является каналом естественной вентиляции для смежных офисных помещений здания

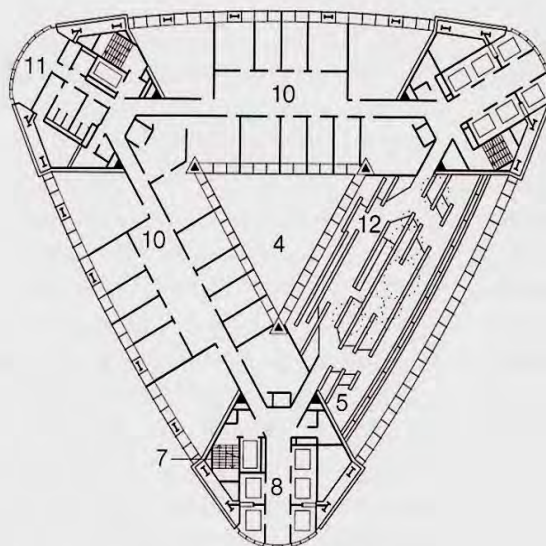
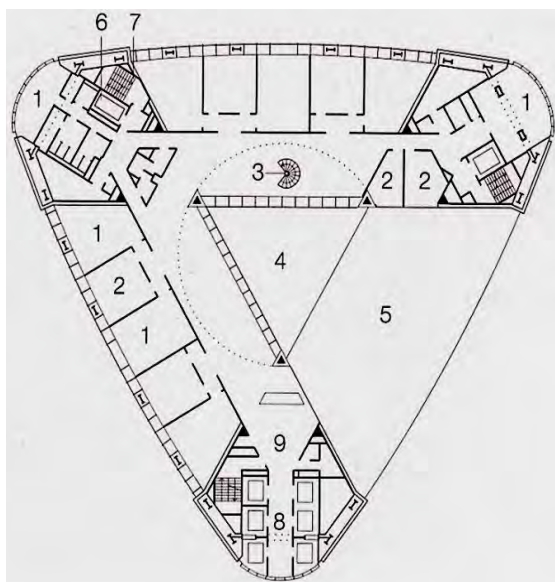


Рис. 3.4. Планы этажей: 1 – офис; 2 – секретариат; 3 – межэтажное лестничное пространство; 4 – атриум; 5 – открытая сторона здания; 6 – грузоподъемный лифт; 7 – пожарная лестница; 8 – панорамный лифт; 9 – приёмная; 10 – блок офисов; 11 – конференц-зал; 12 – сад



Рис. 3.5. Генеральный план

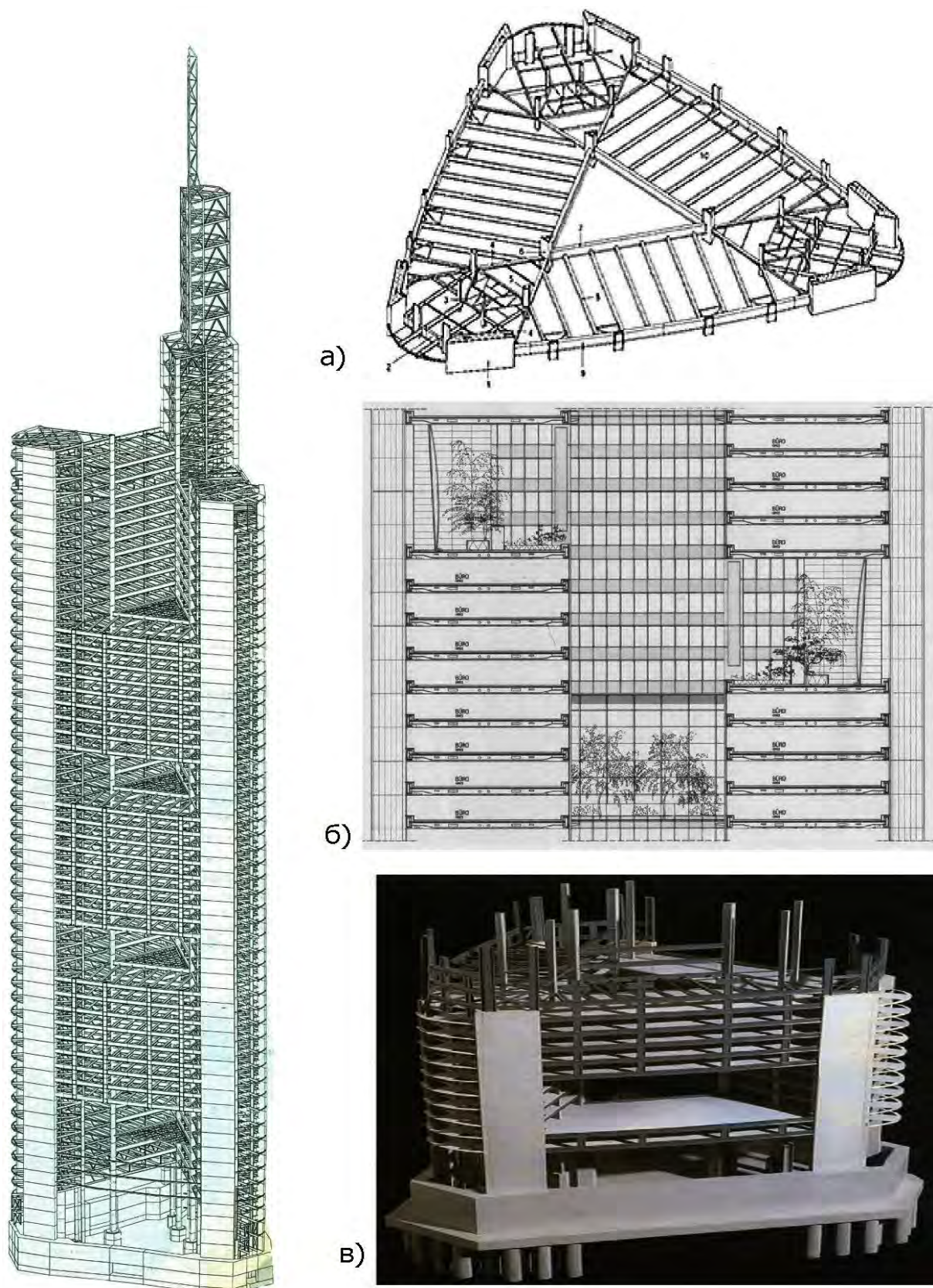


Рис. 3.7. Конструктивные элементы: *а* – фермы Виренделя; *б* – разрез 12 этажей, показывающий элементы фермы Виренделя, используемые для поддержки этажей и вращения садов; *в* – модель основания

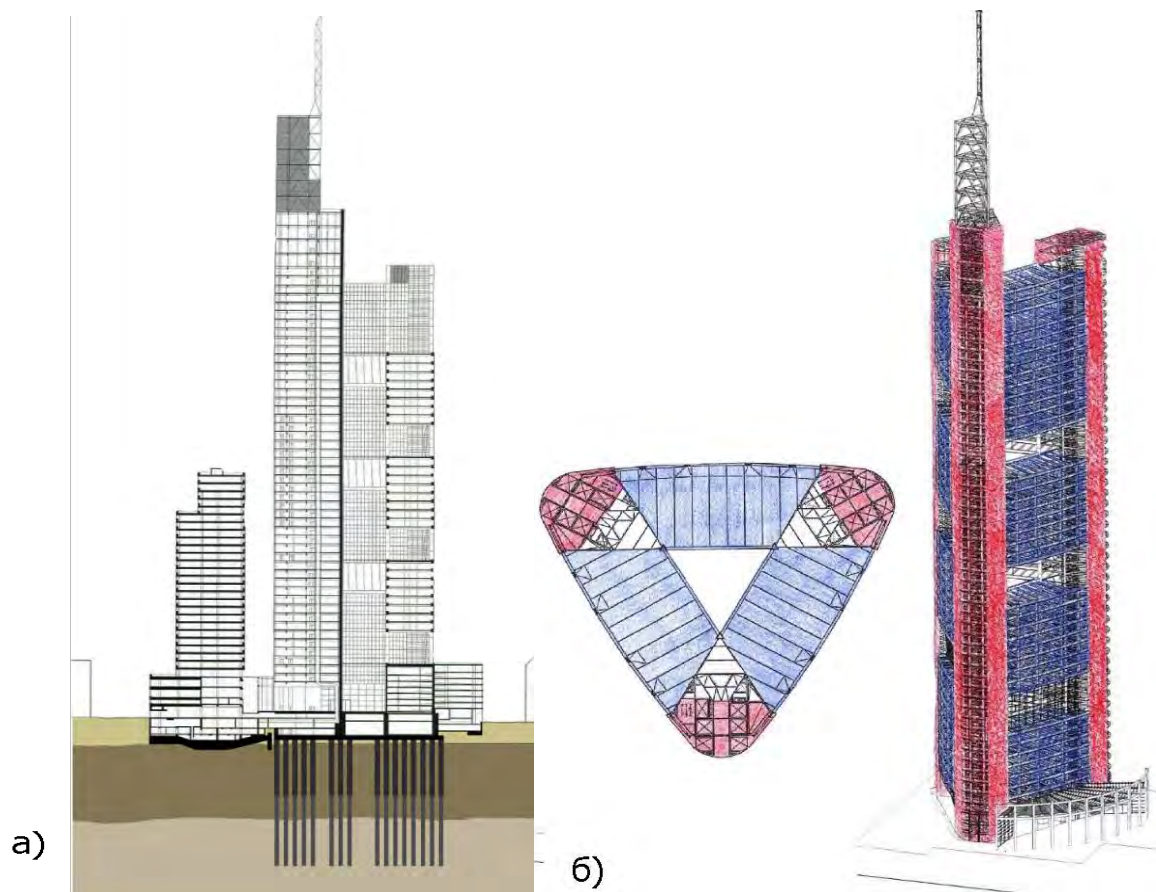


Рис. 3.8. Диаграммы: *а* – раздел диаграммы фундаментного и почвенного состояния; *б* – диаграммы сопротивления боковым и вертикальным нагрузкам



Рис. 3.9. Схема конструкции наружных светопрозрачных ограждений: 1 – первый слой со щелевыми отверстиями; 2 – второй слой – (оконный стеклопакет); 3 – солнцезащитные устройства (регулируемые жалюзи); 4 – отверстия вентилируемой прослойки

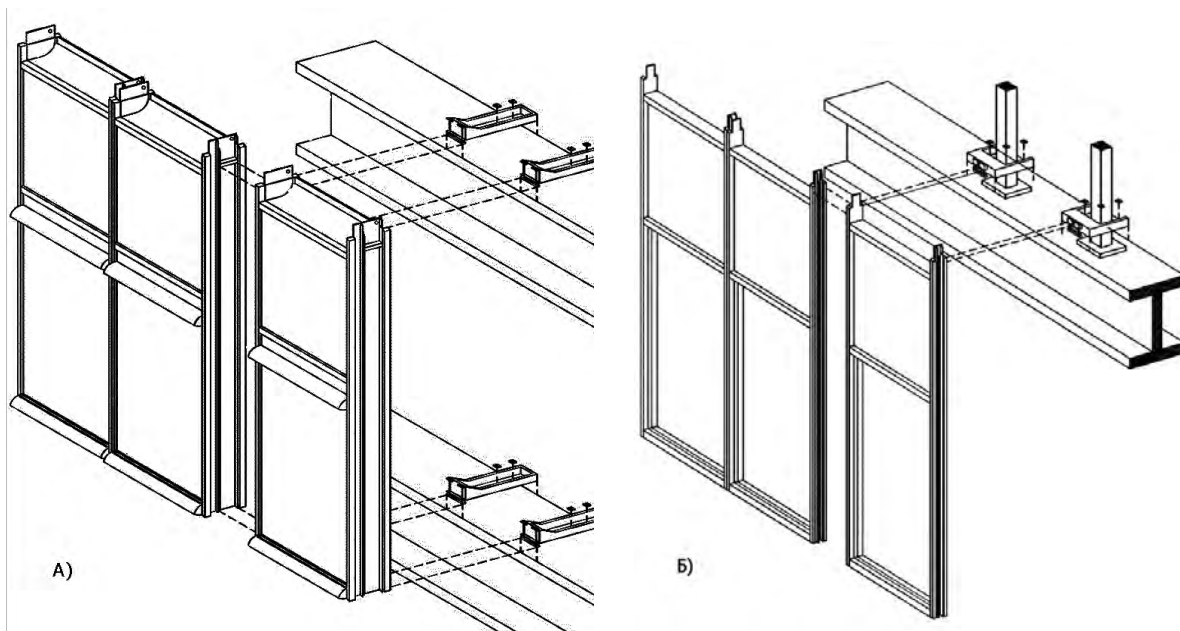


Рис. 3.10. Крепления облицовочных панелей: *а* – внешние; *б* – внутренние и атриумные

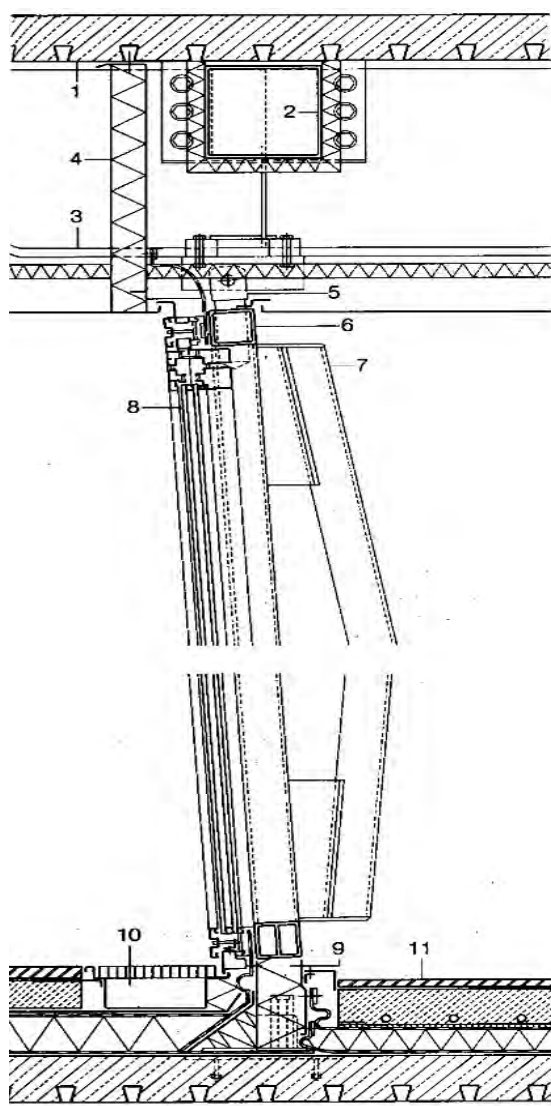


Рис. 3.11. Схема конструкции наружных светопрозрачных ограждений:
 1 – бетон и металлические листы;
 2 – 260/260/5 мм стальные СВС покрытые огнестойким слоем;
 3 – 210/556 мм стальная полая балка, сварная и покрытая огнестойким слоем;
 4 – 3 мм стальной лист с 80 мм теплоизоляции;
 5 – подвесное крепление для фасадной конструкции;
 6 – 100/00/6,3 мм стальные СВС и фасадная структура наклонена под углом 3 градуса;
 7 – 101,6 мм диаметром изогнутые трубчатые стальные балки толщиной 8 мм на 3 мм в центре;
 8 – открытые заслонки: двойное остекление ламинированное безопасным стеклом в алюминиевой раме;
 9 – гибкая поддержка фасада, поглощающая вертикальные нагрузки;
 10 – канал из нержавеющей стали с решеткой;
 11 – конструкция пола: 20 мм брусчатка из гранита фиксируется клеем

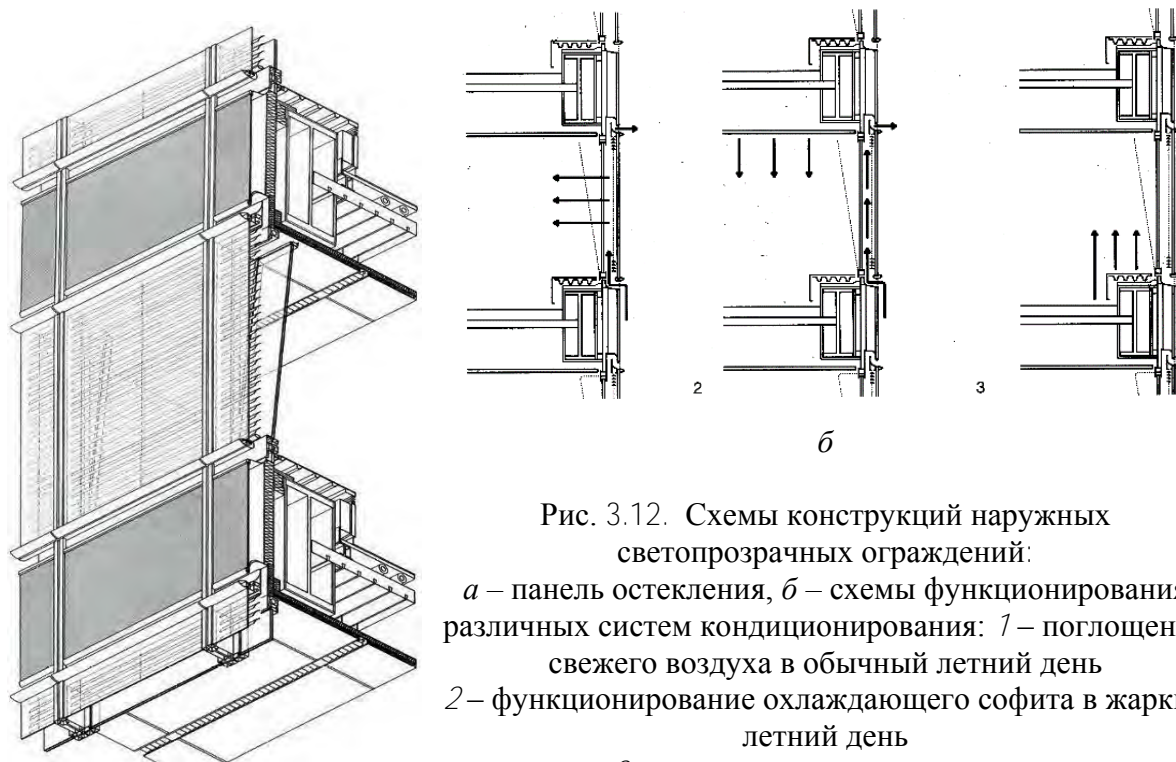
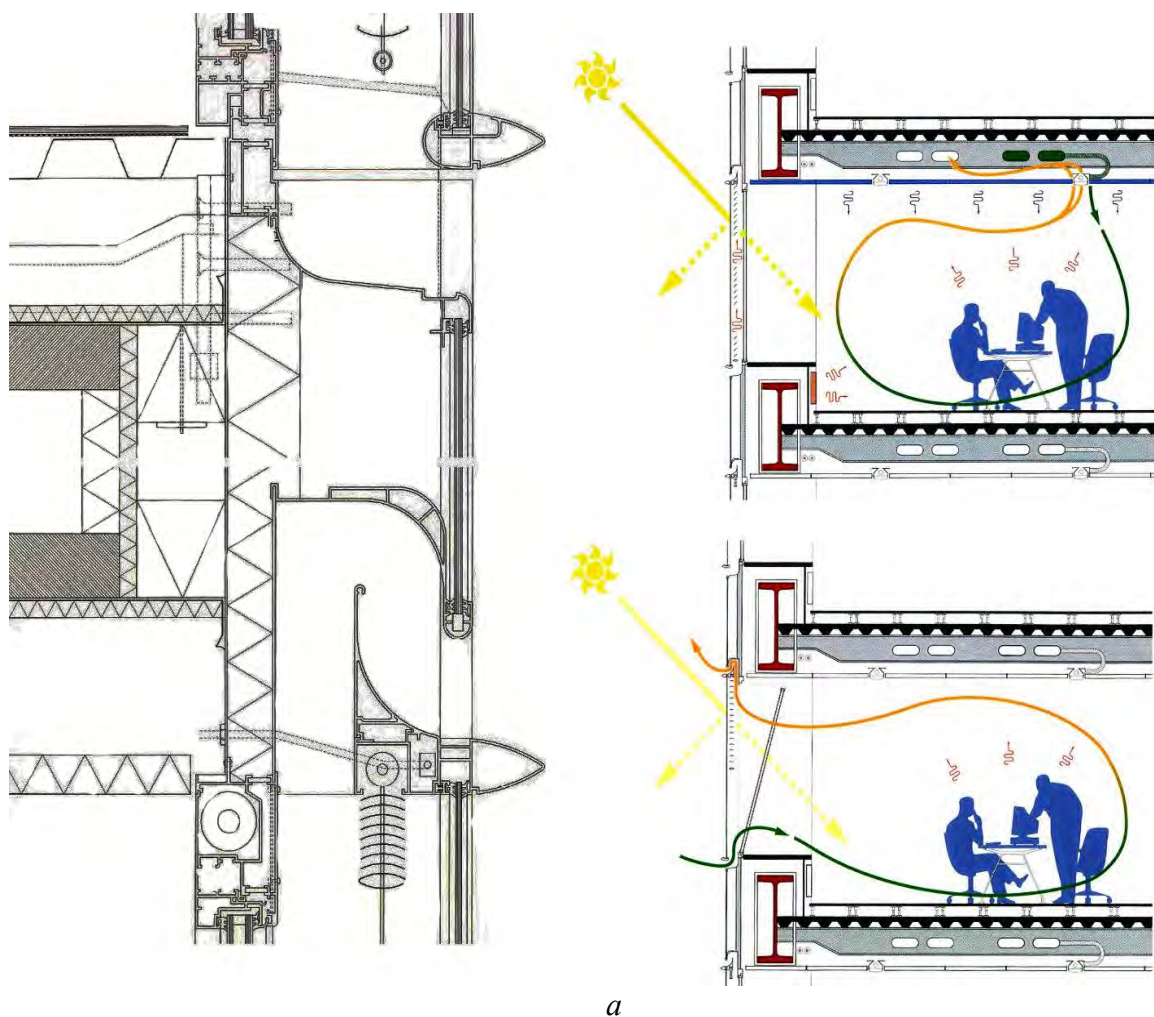


Рис. 3.12. Схемы конструкций наружных светопрозрачных ограждений:
а – панель остекления, *б* – схемы функционирования различных систем кондиционирования: 1 – поглощение свежего воздуха в обычный летний день
 2 – функционирование охлаждающего софита в жаркий летний день
 3 – отопление в зимний период

4. МЕЖДУНАРОДНЫЙ АЭРОПОРТ КАНСАЙ В ОСАКА

При строительстве аэропорта Кансай были использованы новые материалы и последние достижения в области инженерно-гражданского строительства. По другому и быть не могло – ведь *автором* аэропорта был знаменитый мастер хай-тека Ренцо Пьяно. *Строительство объекта* площадью 510 га продлилось тридцать восемь месяцев, с 1991 по 1994 г., аэропорт был официально открыт и начал функционировать в 1994 г. (рис. 4.1–4.4).

Аэропорт Кансай должен был удовлетворять двум требованиям: с технической точки зрения – это строгие правила безопасности в связи с землетрясениями и цунами. С оперативной точки зрения он должен был быть в состоянии принимать до 100 тысяч пассажиров в сутки (имеет 45 авиаворот). Таким образом, международный аэропорт Кансай находится на искусственном острове в заливе Осака, который был специально построен для размещения сооружения, в 40 км к юго-западу от города и в 5 км от берега. Остров, площадью $4,37 \times 1,25$ км, возводили в течение 5 лет.

Платформа является величайшим достижением в гражданском строительстве. Она располагается на более чем миллионе опорных стоек, которые уходят на 20 м в море, на 20 м в илистое дно, перед тем как врезаться в скальный грунт еще на 40 м. Слой ила и грунта распространяется неравномерно по всей длине, для решения этой проблемы было разработано достаточно сложное решение. Ряд специальных датчиков отмечает, когда уровень грунта превышает критическую отметку, допустимая высота которой не должна превышать более 10 мм. Каждая колонна снабжена системой калибровки, используется сила очень мощных гидравлических домкратов: когда позиция опор смещается, система регулирует её и устанавливает на новое положение. Особенно на первоначальном этапе эта система имела очень важное значение: с 1992 по 1996 г. остров осел на 50 см. Аэровокзал, длиной 1,7 км, напоминает по форме планер, который опустился на остров. В терминале 42 различных выхода. Форма планера прочитывается достаточно хорошо: подъездные дороги образуют два крыла и хвост, в то время как основная часть здания и терминалы представляют фюзеляж с распростертыми крыльями.

Двадцать арок, установленных с шагом около 17 м расположены с регулярными интервалами, образуя чёткий прямоугольник в плане с размерами порядка 290×170 м, профиль здания имеет волнистые, ассиметричные очертания. Здание главного терминала имеет ярусную структуру: четыре наземных этажа со сдвижками в плане и перетекающими пространствами и один подземный. Верхний – наиболее высокий этаж, т. е. всё главное здание терминала, перекрыт комбинированной структурой из ограждающей тонкостенной сводчатой волнообразной оболочки по несущим аркам эллипсного очертания с живописными изгибами. В основе покрытия лежит пространственная иррегулярная волнообразная оболочка, выполненная из стальных конструкций, несомая большепролётными объ-

ёмными, трёхпоясными арками, изгибающимися в виде тела огромного динозавра или туловища с головой кузнечика, готового к прыжку, перетекающая в обширный центральный атриум – переход в «крылья» по обе стороны.

Форма крыши терминала – результат длительных исследований потоков воздуха, циркулирующих внутри здания. Профиль покрытия *представляет собой неправильную волнообразную арку, составленную из плавно переходящих друг в друга арок различного радиуса и очертания.* Такая форма была разработана, чтобы направить воздух от пассажирской в сторону взлетно-посадочной полосы без использования закрытых каналов. *Светопрозрачные дефлекторы, как лезвия, направляют потоки воздуха вдоль потолка и отражают свет сверху.*

Плавные изгибы контуров были созданы благодаря сложному программному обеспечению, анализирующему перемещение сложных воздушных масс по всем направлениям, точно отображая аэродинамические течения,двигающиеся через здание и их воздействия на поверхности аэропорта.

Гигантские, объёмные, трёхпоясные с плавно меняющейся высотой до 4 марки перекрывают основной пролёт в осях опор равный 82,8 м. Их асимметричный профиль был разработан в соответствии с теми же расчетами, которые анализировали распределение потоков воздуха. Эти структурные исследования также вдохновили на создание математической модели, которая гарантировала бы максимальную стандартизацию компонентов. В результате все 82 тысячи панелей из нержавеющей стали аэропорта Кансай абсолютно идентичны. Изгиб «крыльев» здания был так же определен в соответствии с тороидальной геометрией. В верхней части крылья очерчены по окружности с радиусом 16,8 м, по оси, наклоненной на 68° по отношению к горизонту. Хотя это искривление практически незаметно, оно обеспечило обзор с центра управления. Центральная часть здания, которая принимает пассажиров, выше взлетно-посадочной полосы на 20 м с одной стороны и на 6 с противоположной, благодаря перспективе поток людей инстинктивно движется в нужном направлении: асимметричная структура обеспечивает ясную ориентацию в любой точке аэровокзала.

Все три изящно изогнутые пояса объёмных арок, образующие в поперечном сечении перевёрнутый треугольник, и раскосы, объединяющие их в единое целое, выполнены из стальных труб круглого сечения. Максимальный пролёт арок в здании главного терминала равен 82,8 м. В средней части здания главного терминала арки с максимальным пролётом 82,8 м опираются на две основные объёмные опоры в виде растущего дерева и ещё на две опоры, расположенные по разные стороны от них на расстоянии 31,2 и 19,8 м, и на пятую опору, которая одновременно является верхним поясом концевой, но уже плоскостной части арки.

Мастерски составленную из сегментов арок с разными очертаниями с сопряжениями, плавно переходящими друг в друга и перетекающими

в одну изящную авторскую линию изгиба эскизного рисунка. Особенно завораживает профессиональное мастерское владение искусством формообразования с высочайшим конструкторским чутьём, когда круглая труба упруго изогнутого нижнего пояса объёмной арки плавно перетекает в верхний пояс плоскостного участка на тросовых затяжках в окончании арки и, конечно, «вылет» наружу на фасадное пространство торцевых объёмов арок.

Международный аэропорт Кансай расположен на искусственном острове в заливе г. Осака, представляет собой мегаструктуру длиной около 2 км, с пассажирским терминалом, архитектурный образ которого, следуя хай-теку, создается открытыми конструкциями высочайших технологий.

Контуры сооружения на основе органично влившихся друг в друга смелых геометрических фигур мастерски обрисовывают плавные изгибы линий. С самого начального наброска Ренцо Пьяно видно, что сооружение «Kansai» построено на уравновешенных контурах, со структурой абсолютно свободной от «препятствий» прежде всего, благодаря поперечным стеклянным стенам, изготовленным эксклюзивно, а также использованию огромных, внутренних светопрозрачных дефлекторов.

Систему покрытия в виде оболочки поддерживают 20 иррегулярных объёмных арок с пролётами в осях: 31,2; 82,8; 19,8 и 18,0 м. Все стержневые элементы выполнены из стальных труб круглого сечения. Высота сооружения (и идентичных несущих арок) постепенно уменьшается от максимальной около 39 м от уровня земли (от подземного – 45 м) до 27 м, что делает форму объекта похожей также и на морскую раковину.

Несущие конструкции покрытия представляет собой неправильные (иррегулярные) волнообразные арки, составленные из серий арок разного типа с последовательными и плавными сопряжениями. Активный профиль сооружения помогает распределять воздушные потоки в нужных направлениях, динамика арок вторит непрекращающемуся движению потоков воздуха. Плавные изгибы контуров были созданы благодаря сложному программному обеспечению, анализирующему перемещение воздушных масс по всем направлениям, точно отображая аэродинамические течения,двигающиеся через здание, и их воздействие на поверхности аэропорта (в этом районе муссонные ветра могут достигать до 140 км/ч).

Круглая труба изящно изогнутого нижнего пояса объёмных арок плавно переходит в верхний пояс переходного объёма. Верхнее ограждение в виде оболочки в целом напоминает свод с живописным прогибом и слегка приподнятым хвостом на противоположном конце.

Многие десятилетия Ренцо Пьяно – архитектор, строящий по всему миру, создаёт доминантные сооружения в «планетарном масштабе» – награждён за самую обширную «географию построек», представляющие собой «редкое сопряжение искусства и инженерии в поистине виртуозном исполнении», где каждый проект реализуется посредством глубоких, интенсивных, научных исследований.

Структура международного аэропорта – это современный определяющий дизайн, который, безусловно, означает инновацию, доминантность и потрясающее исполнение.

Оперировать такими объектами чрезвычайно сложно, однако Ренцо Пьяно сумел добиться невероятной открытости и коммуникативности структуры как внутри так и снаружи. Внутренние и наружные пространства не перегорожены друг от друга ни стенами, ни другими барьерами, и пассажир легко способен «управлять» ими и собой с любой точки, так как каждый участок вокзала виден повсюду, как в самой структуре, так и из вне.

«Kansai» успешно выстоял во время сильнейшего землетрясения.

Работы Ренцо Пьяно всегда потрясают своей нестандартностью и эта не исключение, и данное сооружение является инженерным и эстетическим «чудом», образующим мощный объект местности.

Мастерски составленную из сегментов арок с разными радиусами и очертаниями, с плавно переходящими друг в друга линиями, нанизал на единую, определяющую динамику движения, направляющую.

Структура Международного аэропорта Кансаи предназначена быть современным, неповторимым и поражающим воображение сооружением. В его дизайне на основе современной геометрии умело доминируют гладкие криволинейные поверхности покрытия.

С самого первого эскиза сооружения архитектор хотел создать конструкцию полную обтекаемых линий. Его заключительный проект – сооружение свободное от преград, использует стеклянные стены больших размеров, увеличивающие эффект прозрачности среды.

Его протяжённость увеличивает его функциональные возможности, делая очень лёгким передвижение людей в сооружении: нет никаких запутывающих проходов, входов или выходов. В основе формы крыши – эллипс, что ещё раз подтверждает желание архитектора создать образ здания в виде плавно очерченной конструкции.

Аэропорт Кансаи является не только эстетическим чудом. Его технические идеи, позволяющие потоку воздуха в здании продвигаться по очертаниям покрытия, исключает дополнительную потребность кондиционирования. Международный аэропорт Кансаи не только архитектурное чудо. Одна из функциональных особенностей – возможность управлять шумовым загрязнением введена в действие в 1994 г.

В основе профиля несущей (первичной) конструкции покрытия – объёмных трёхветвевых иррегулярного очертания арок – лежит перевёрнутый треугольник, как модульный, и неизменяемый элемент первичной несущей структуры. Пояса арок выполнены из стальных труб.

Переходная секция от терминала к «крыльям» разработана для ощущения визуального единства сооружения и органичного соединения более низкой части («крыльев»). Она формируется одноплоскостными сквозными арками, как плавное органичное продолжение объёмных арок, с верхним поясом из круглых труб и нижним поясом – веерными тросовыми за-

тяжками. Диагональные перекрёстные связевые элементы между ними обеспечивают жёсткость структуры от горизонтальных воздействий. Идентичные по форме конструкции идут внутри крыльев для усиления восприятия непрерывности конструктивных элементов в интерьере. Небольших размеров, портативные стальные элементы – защитный слой, «чешуя кровли» из металочерепицы с матовой поверхностью толщиной 1,0 мм на основе, призваны отражать солнечные лучи, затенять и защищать лежащий ниже двойной слой из профилированных настилов с утеплителем из стекловолокна (16 кг/м^2) между ними от резких перепадов погодных условий и собирать дождевую воду. Двойной слой из профнастилов ограждающей системы покрытия (несущее ограждение $t = 0,8 \text{ мм}$ и кровельное – $t = 1,0 \text{ мм}$) уложен по верху прогонов (двутавр $400 \times 300 \times 12 \times 19 \text{ мм}$), расположенных с шагом 3,6 м (рис. 4.5–4.12).

В течение дневного времени применяется динамическая комбинация искусственного и естественного освещения. Для того, чтобы сбалансировать внушительный объём сооружения и его визуальную лёгкость, применён эффектный приём: вынос торцевых несущих арок наружу.

Здание предназначено для обслуживания Аэропорта. Оно весьма открыто внутри с эскалаторами и подъёмниками. Всё в нём просматривается с любой точки. 19 вентиляционных труб, расположенных по одному в каждом шаге арок, направляют воздушные потоки под потолок здания, что даёт возможность постоянного перемещения воздуха в здании. Форма здания не вызывает воздушного движения, а скорее ведёт его. Это гарантирует направленный, постоянный, довольно лёгкий и приятный на ощущение поток воздуха.

Для предотвращения пожара здание было разделено на места с ограниченными и повышенными пожароопасными состояниями. Обнаружение огня в «каньоне» обеспечивается высокочувствительными фотоэлектрическими датчиками дыма в потолке. Области главного терминала с высоким потенциалом опасности типа кухни, регистрации были разделены для контроля на более мелкие блоки, чтобы ограничить воздействия пожара. Каждый блок имеет собственную вентиляцию и разбрызгиватель воды. Опоры, поддерживающие несущие арки были выполнены с облицовочным противопожарным слоем на основе стекловолокна и цемента (рис. 4.13–4.14).

Аэропорт Кансаи, где умело совмещены экологические концепции с креативным архитектурным мышлением, и сегодня и ещё долгие годы будет поражать своими техническими возможностями и архитектурно-художественной выразительностью.

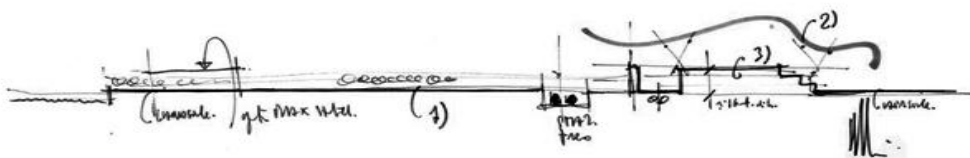




Рис. 4.1. Перспективы аэропорта Кансай

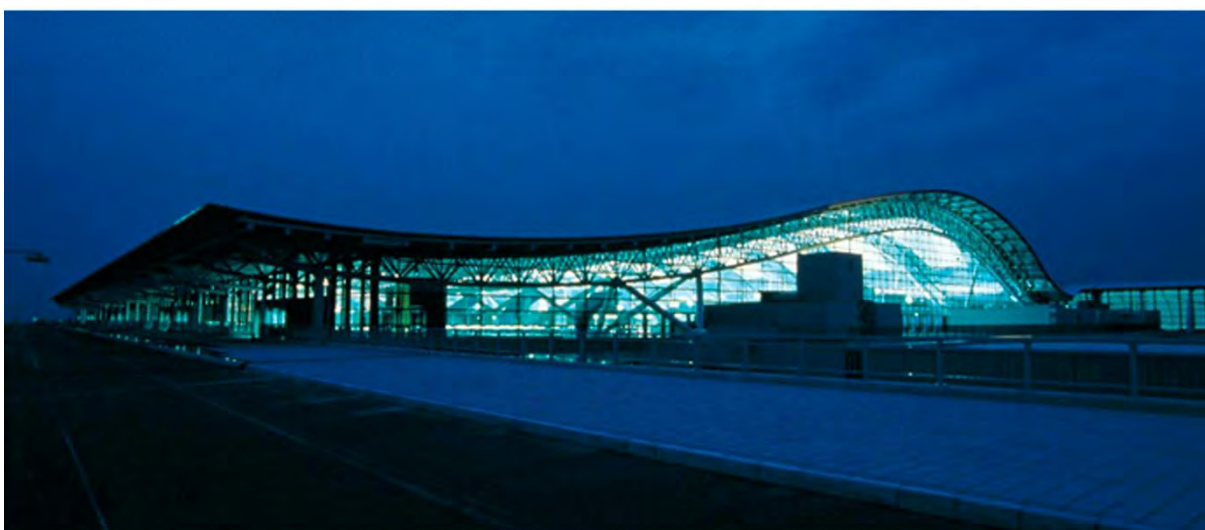


Рис. 4.2. Перспективы



Рис. 4.3. Арка ферм на фасаде



Рис. 4.5. Интерьеры

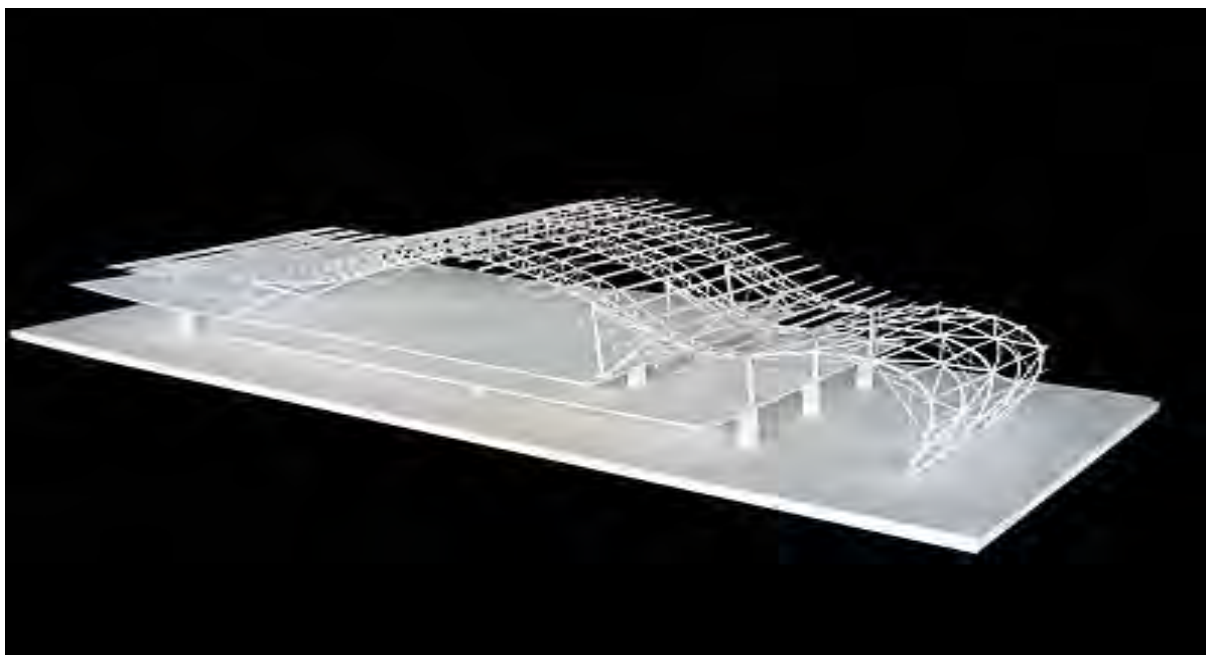


Рис. 4.5. Модель конструктивных элементов

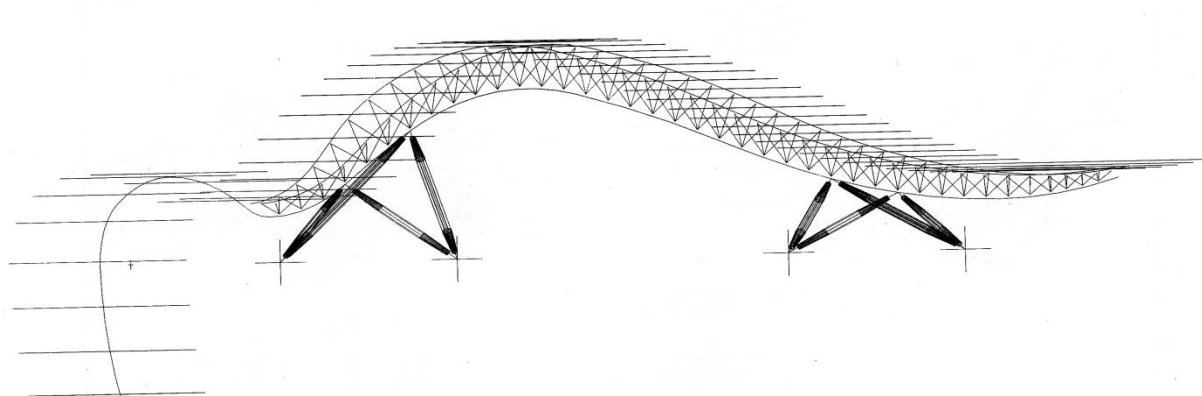


Рис. 4.6. Перспектива конструктивного элемента

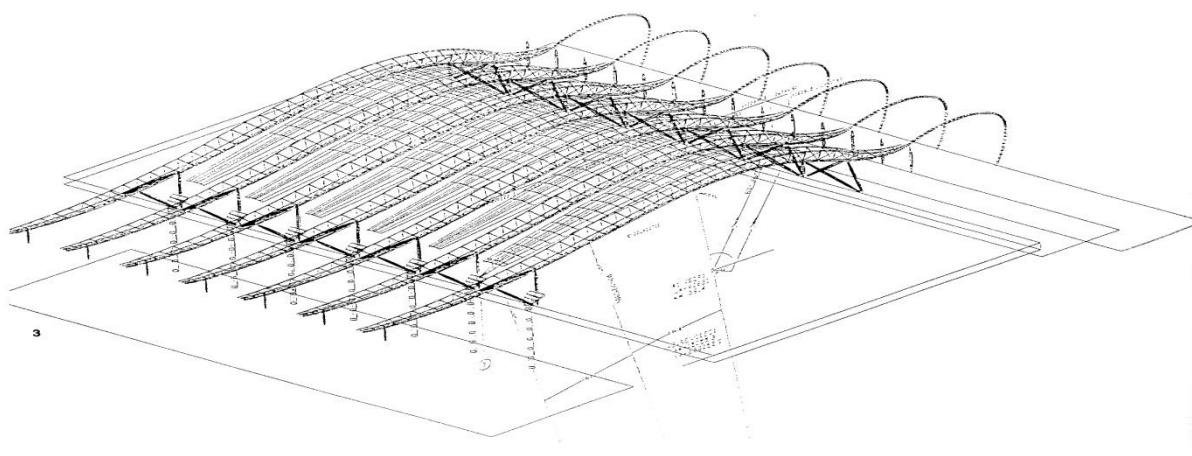
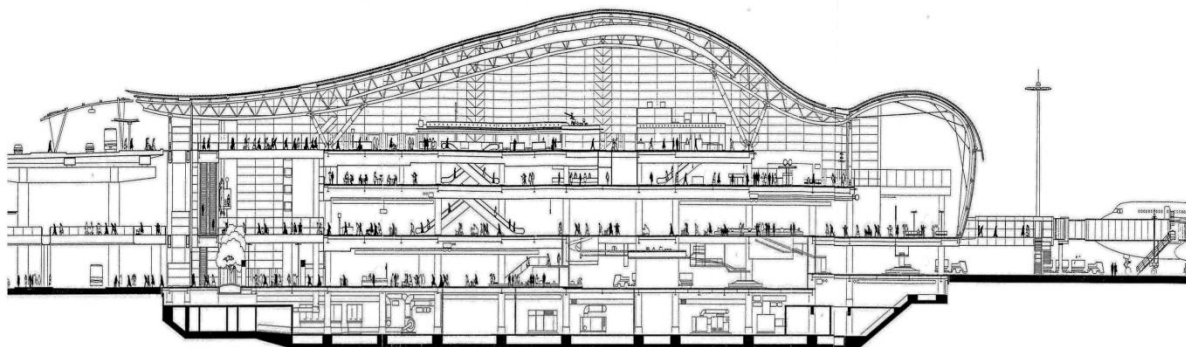
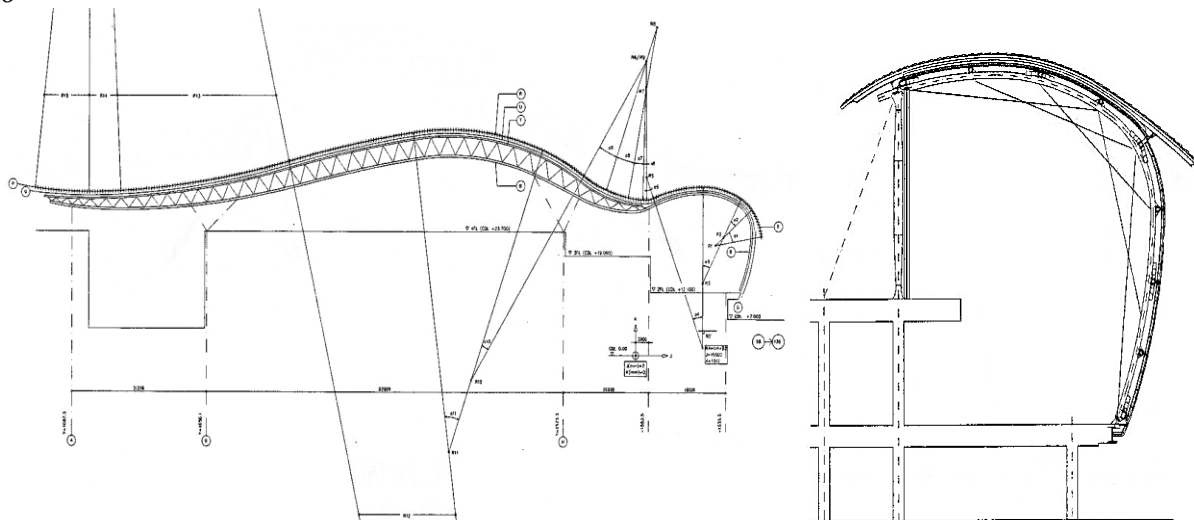


Рис. 4.7. Объемные конструкции оболочки

a



б



в

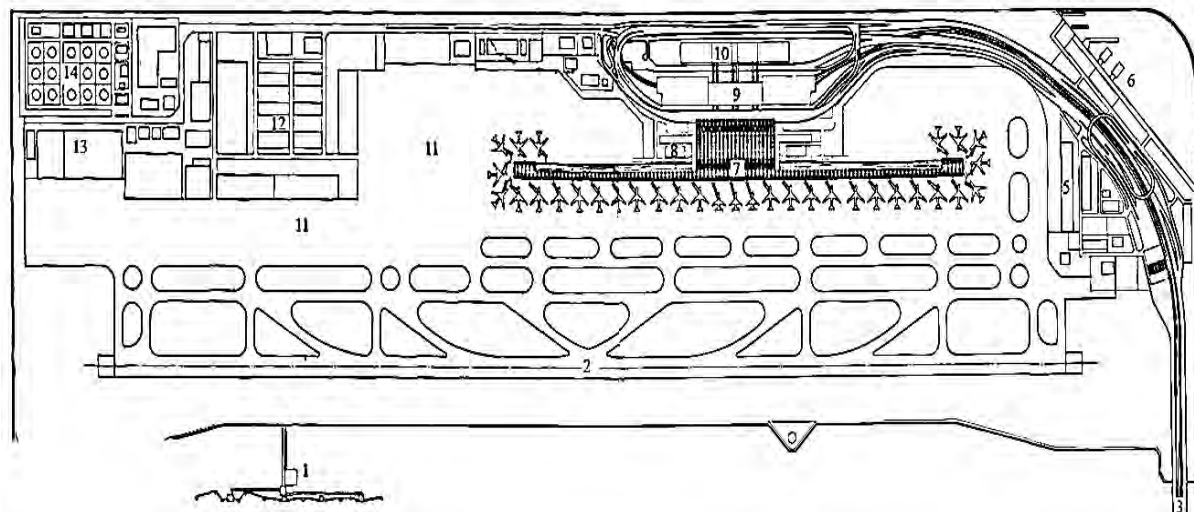


Рис. 4.8: *a* – генплан: 1 – причал нефтяного судна; 2 – взлетно-посадочная полоса; 3 – подъездной мост; 4 – маяк; 5 – главный грузовой терминал; 6 – пристань; 7 – здание административного терминала; 8 – административное помещение; 9 – ж/д станция и парковка; 10 – гостиница и торговый центр; 11 – фартук; 12 – второстепенный грузовой терминал; 13 – техническое помещение; 14 – склад; *б* – разрез здания главного терминала; *в* – разрез покрытия главного терминала и крыла

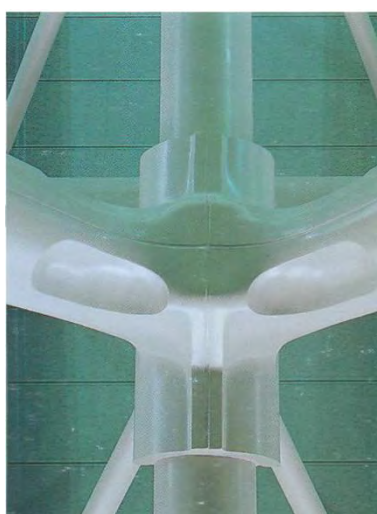
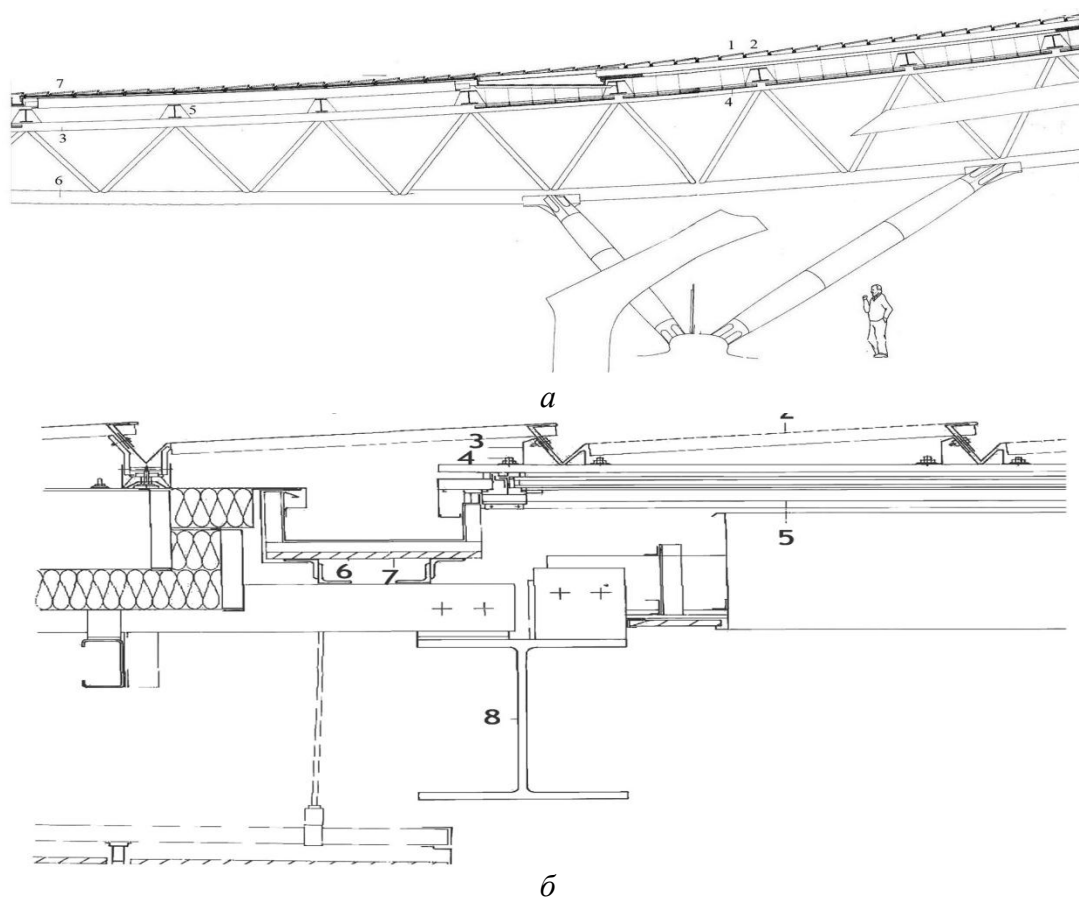
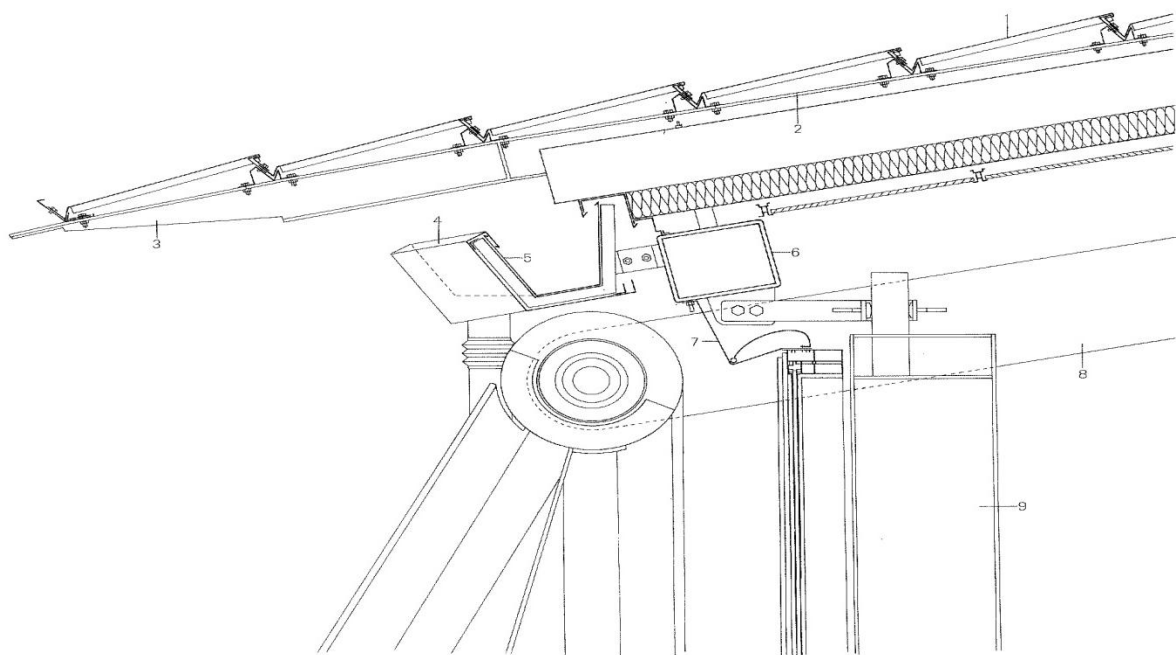
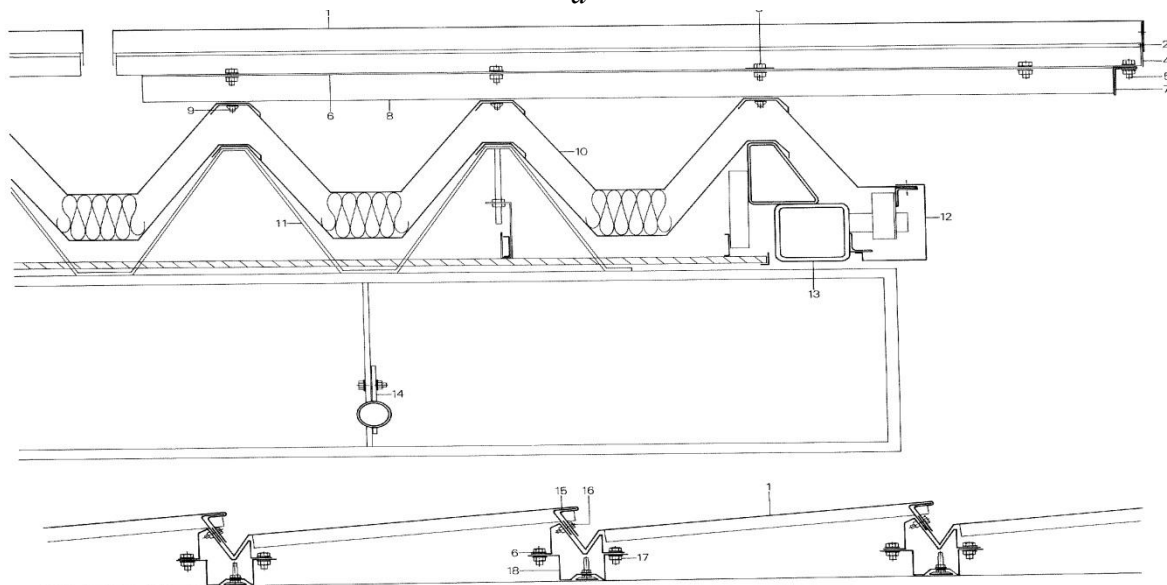


Рис. 4.9: *а* – конструкция крыши: 1 – тупоугольная металлическая плита SUS447, $t = 1,0$; 2 – кровля 200 (изоляционный метод), наружная стальная плита, $t = 1,0$, с фторовым покрытием, изоляция: стекловата 16 кг/м^2 , внутренняя стальная плита, $t = 0,8$; 3 – верхний трос Т-267.4; 4 – звукоизоляционная плита, $t = 15$; 5 – двутавр 400/400/13/21; 6 – нижний трос В-406.4; 7 – металлическая плита SUS447, $t = 1,5$ (перфорированная); *б* – узел крыши: 1 – металлическая плита SUS447, $t = 1,0$; 2 – металлическая плита SUS447, $t = 1,5$ (перфорированная); 3 – закладная деталь SUS304, $t = 2,0$; 4 – SUS304, М10/30 квадратный болт, шестиугольная гайка; 5 – алюминиевый зенитный фонарь; 6 – стальная плита, $t = 0,6$, оцинкованная; 7 – цементная стяжка, $t = 8$; 8 – двутавр 400/400/13/21



a



б

Рис. 4.10: *a* – детали конца карниза: 1 – металлочерепица SUS447 $t = 1,0$; 2 – крыша 220, изоляционный метод верхней пластины из смолы $t = 1,0$, окраска изоляции фтором и смолой, стекловата 16 кг/м^2 , нижняя стальная пластина $t = 0,8$; 3 – ребро Н-150*75*5*7; 4 – лицевая панель $t = 1,0$; 5 – желоб карниза $t = 0,5$; 6 – 300*250*12; 7 – неопреновый каучук; 8 – ребро крыла $d = 355,6$; 9 – стойка.; *б* – кровельная система: 1 – отделка металлочерепицей; 2 – М6*20 болт с шестигранной головкой; 3 – М12*25 болт с шестигранной гайкой; 4 – SUS447 $t = 1,5$; 5 – SUS304 М12*30 болт с шестигранной гайкой; 6 – SUS304 $t = 2,0$; 7 – SUS304 L-60*40*3; 8 – SUS304 $t = 2,0$; 9 – сторона болта М8 SUS304; 10 – крыша 200 изоляционный метод верхней пластины из смолы $t = 1,0$, окраска изоляции фтором и смолой: стекловата 16 кг/м^2 , нижняя стальная пластина $t = 0,8$; 11 – несущий каркас крыши; 12 – грань $t = 1,0$ окрас фтором и смолой; 13 – квадратные трубы 125*125*8; 14 – вторичная структура Н-400*300*11*21; 15 – SUS304 $t = 2,0$; 16 – М6 М8 гайки; 17 – SUS304 М12*35 болт с шестигранной гайкой; 18 – SUS304 $T = 2,0$

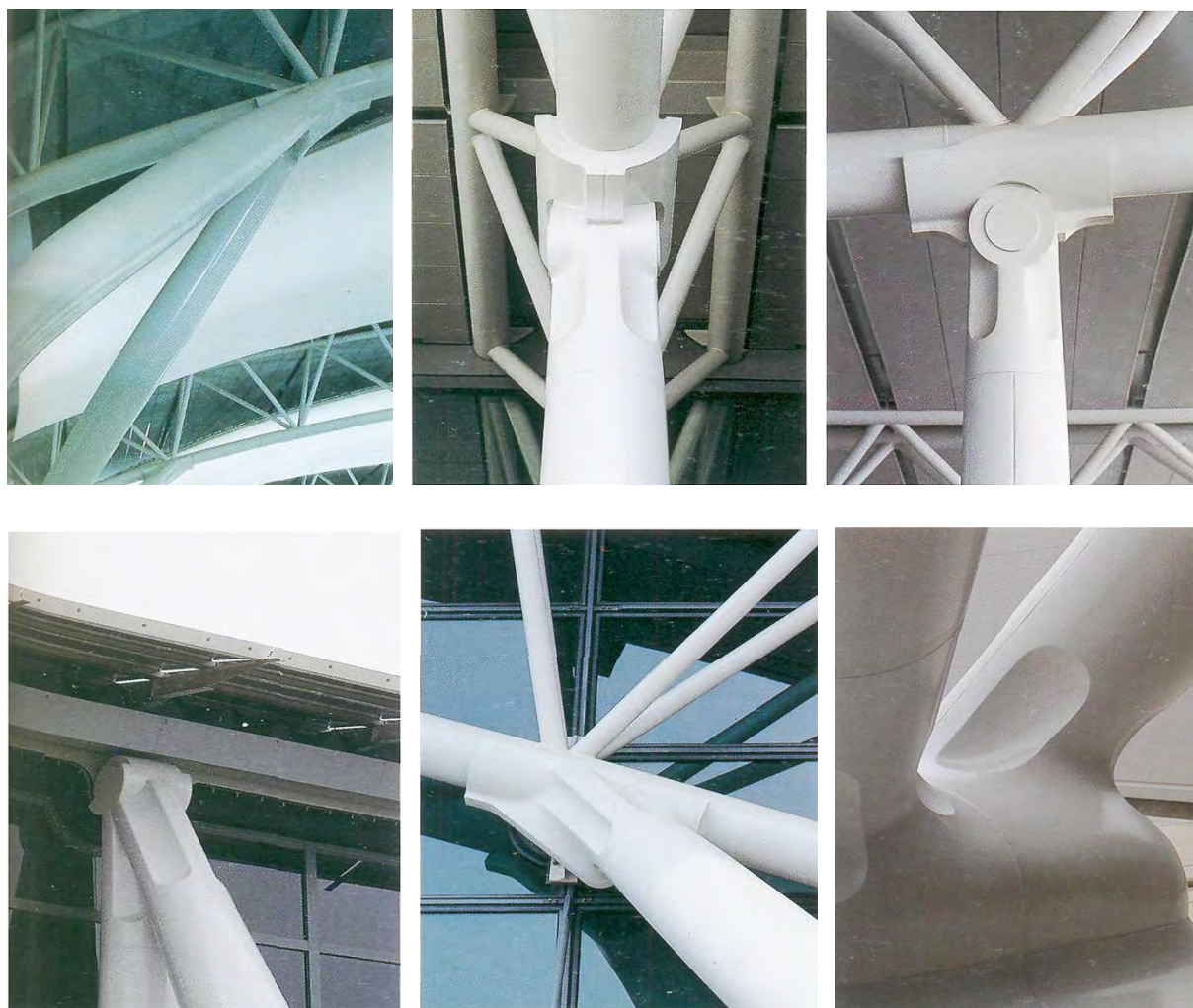
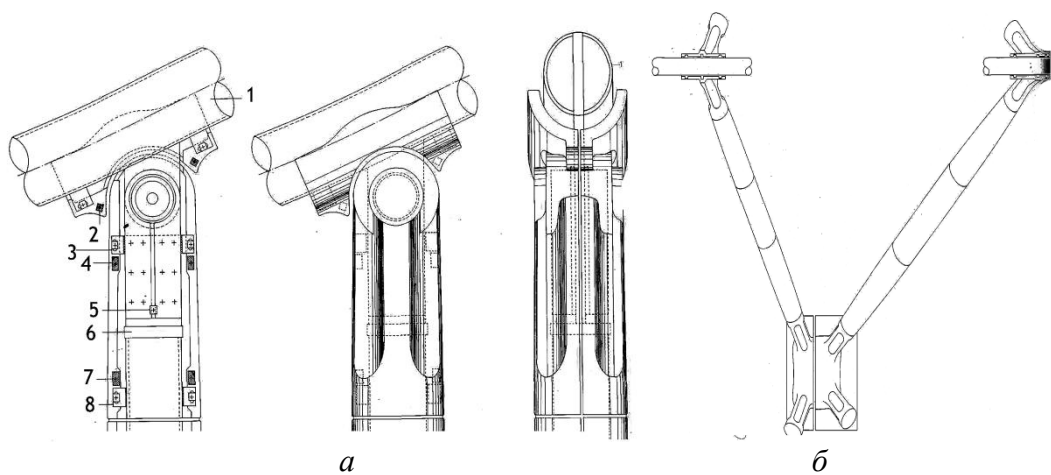
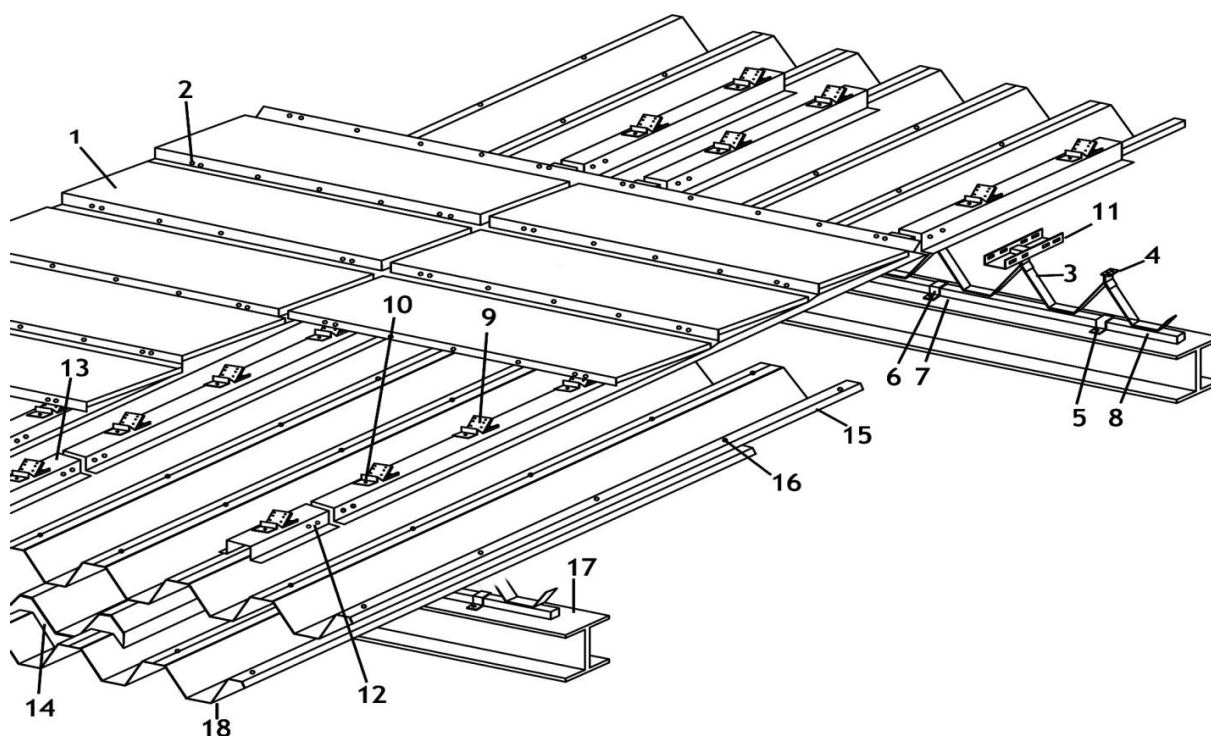
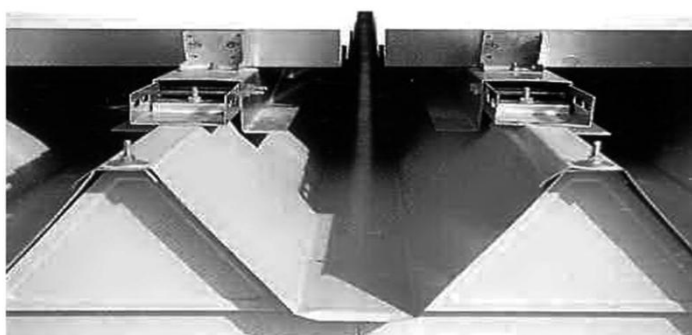
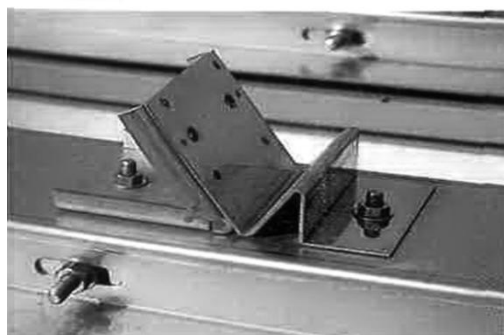


Рис. 4.11: *а* – Колонны «крыльев»: 1 – диаметр 406, $t = 16$; 2 – M12, PL-6/38/40; 3 – PL-9/71/100; 4 – закладная деталь 6/38/75; 5 – PL-6/44/44, M12; 6 – PL-60/338,5; 7 – закладная деталь 6/38/75; 8 – PL- 9/80/100; *б* – колонна-сигара



a



б

Рис. 4.12: *a* – типовая кровельная система: 1 – металлическая плита SUS447, $t = 1,0$; 2 – анкерный болт M6 SUS316; 3 – металлическая арматура FB-50/4,5, гальванизированная; 4 – изоляционная металлическая арматура M50; 5 – анкерный болт M12, оцинкованный; 6 – металлическая арматура FB-50/4,5, гальванизированная; 7 – PL-50/40, $t = 4,5$; 8 – квадратная в сечении труба 60/60/3,2; 9 – частичная металлическая арматура SUS304, $t = 2,0$; 10 – анкерный болт M8 SUS304; 11 – SUS304, $t = 2,5$; 12 – анкерный болт M10 SUS304; 13 – SUS304, $t = 2,5$; 14 – стекловата 16 кг/м², $t = 100$; 15 – наружный профилированный лист 200, с фторовым покрытием, $t = 1,0$; 16 – односторонний болт M8 SUS304; 17 – двутавр 400/300/12/19; 18 – внутренний профилированный лист 200, окрашенный, $t = 0,8$; *б* – узлы кровельного покрытия

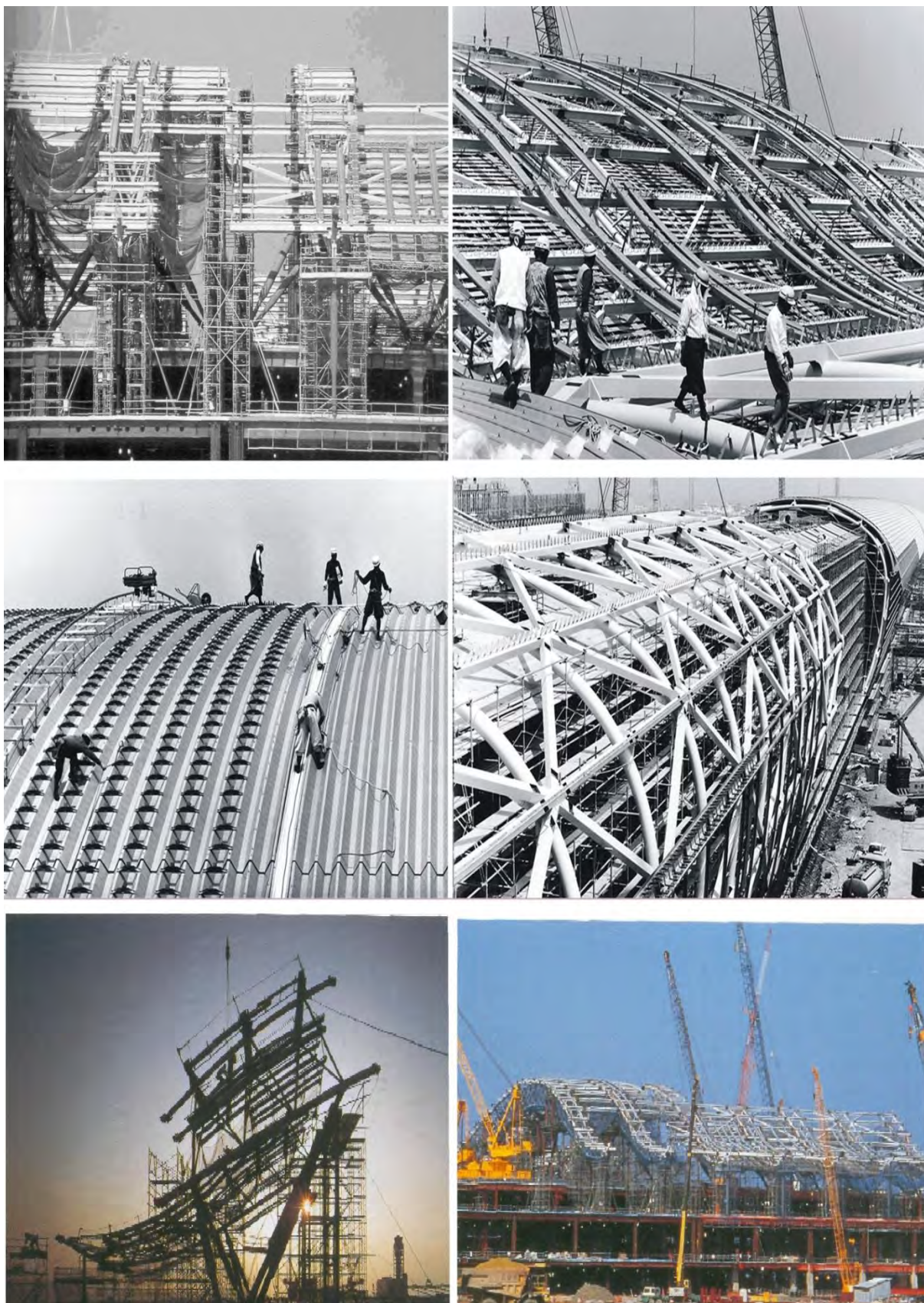


Рис. 4.13. Строительство аэропорта

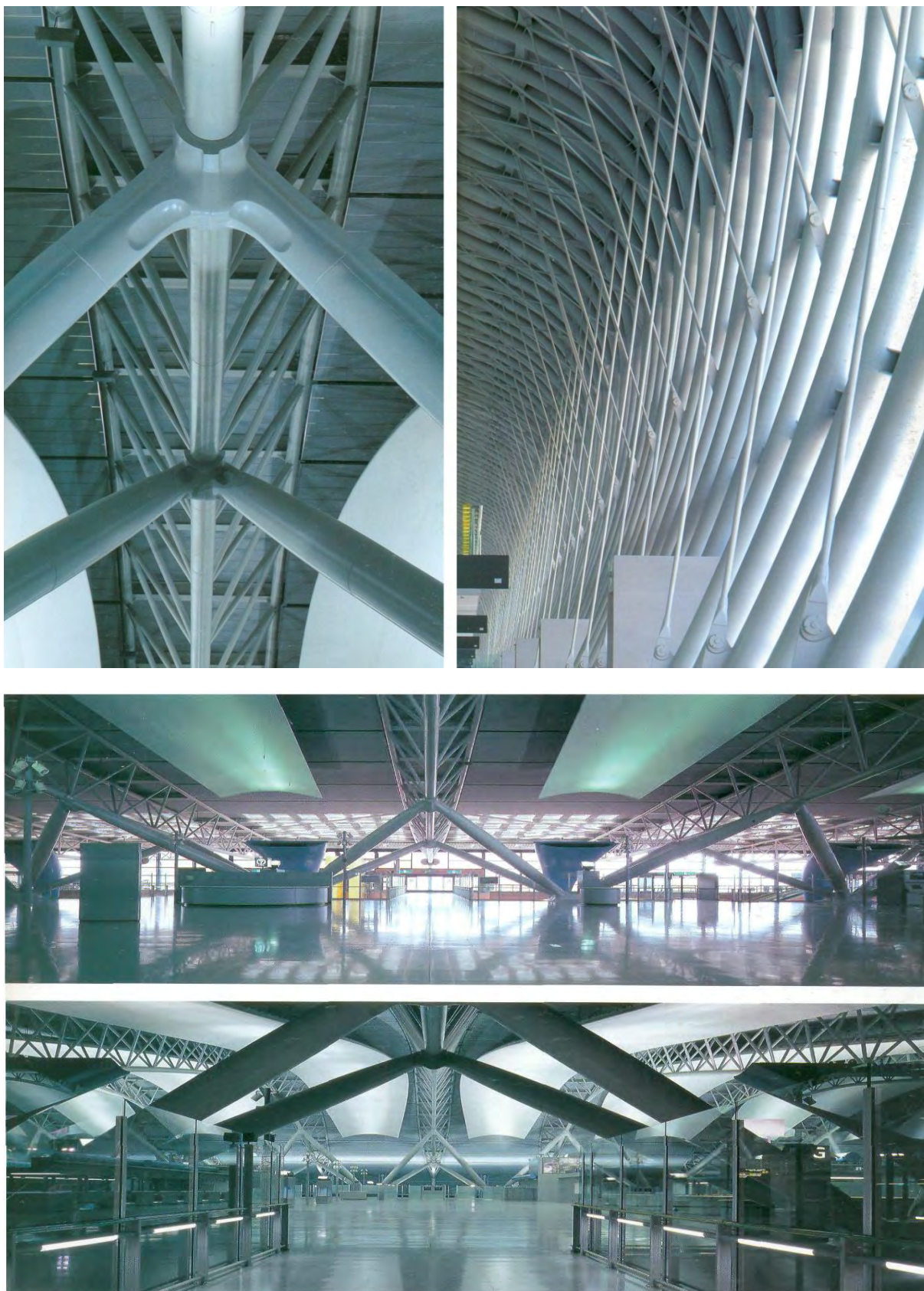


Рис. 4.14. Виды конструктивных систем и их элементов в интерьере

5. НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАДИОН В ПЕКИНЕ

Новый стадион в столице Китая – Пекине, спроектирован архитекторами Herzog & de Meuron, Basel Jacques Herzog, Pierre de Meuron, Stefan Marbach и был назван *«Птичьим гнездом»* из-за кажущейся нерегулярной и плетёной несущей структуры.

Эта постройка рассчитана на *91 000 зрителей*. Чаша трибун образует в плане эллипс с наклонными стенами. В горизонтальном сечении на отметке 9,0 м его продольная ось имеет длину *313 м*, а поперечная – *266 м*. Боковые стороны фасада имеют наклон около *13°*, поверхность фасада, пересекается с покрытием в виде пространственной оболочки, с плавным сопряжением радиусом *8 м* (рис. 5.1).

Национальный стадион расположен на небольшом возвышении в центре олимпийского комплекса к северу от Пекина. *Важнейшим принципом* в ходе всей работы было *разработать архитектурное сооружение, которое останется функциональным после Олимпиады 2008 г.*, иными словами – *создать новый тип городского объекта, который будет привлекать людей и стимулировать общественную жизнь в этой части Пекина.*

Издали стадион выглядит как гигантский сосуд с волнистым ободом. Но с этой удаленной точки зрения можно ясно различить и сетку несущих конструкций, заключающих его в себя и при этом как бы проникающих в него. То, что издали кажется геометрически четкой и правильной единой конфигурацией линий, по мере приближения исчезает, распадаясь, в конце концов, на отдельные гигантские составные части. Эти компоненты напоминают хаотичную сетку колонн, балок и лестниц.

В этом пространстве люди собираются вместе в ресторанах, барах, отелях и магазинах, или на платформах и пересекающихся вертикальных, горизонтальных и диагональных проходах. *Это пространство, окружающее внутреннюю часть стадиона – фасад, структура, украшение и общественное место одновременно. В этом заключается действительный потенциал проекта: он предназначен быть чем-то большим, нежели олимпийская спортивная арена только для одного, заведомо уникального события.*

Эффект организации объёмно-пространственной структуры стадиона является новым и радикальным, и при этом прост и обладает почти архаичной непосредственностью. Его внешний вид – чистая и обнажённая структура. Оболочка и рамы являются единым целым. Элементы конструкции взаимно поддерживают друг друга и объединяются в *трехмерное решетчатое сооружение*, в котором объединены фасады, лестницы, чашеобразная конструкция и покрытие. Чтобы защитить сооружение от непогоды, межэлементное пространство в конструкциях ограждения заполнены полупрозрачной мембраной. Акустический потолок скрывает конструкцию крыши, сосредотачивая внимание на зрителях и событиях, происходящих на поле.

Все элементы стальной конструкции сварены между собой без деформационных швов. Таким образом, при тепловом расширении деформирующие усилия возникают одновременно во всей системе. Стальная конструкция при этом никак не соединяется с собственно бетонной чашей, две системы конструктивно независимы друг от друга. В местах пересечения (например, там, где стержни стальной оболочки пронизывают бетонные перекрытия или в местах опирания лестничных маршей), выполняются деформационные швы, ширина которых в верхних уровнях равна 30 см. Такое решение позволило улучшить показатели сейсмостойкости и сократить время строительства.

Изначально не возможно было определить каковы будут допуски при монтаже уникального стального каркаса, поэтому подрядчик, ответственный за устройство мембранного покрытия, основывался не на чертежах, а на результатах обмеров фактической геометрии выполненной конструкции. Несмотря на то, что форма в целом симметрична, ни один из 880 сегментов покрытия не повторяет другой. Первоначальным проектом подразумевалось наличие участков двоякой кривизны, что значительно усложнило бы устройство мембран. В конечном счёте, было решено упростить ситуацию: в сегментах «крыши» использованы плоские мембраны, а в «плечевых» сегментах имеют одинарную кривизну.

Чаша разделена деформационными швами шириной 20 мм на шесть сегментов. Каждый сегмент образует независимую конструкцию, устойчивость которой обеспечена стоечно-балочным каркасом и железобетонными лестнично-лифтовыми стволами.

Верхние этажи имеют железобетонные перекрытия толщиной 175–225 мм, опирающиеся на балки сечением 0,6×1,0 м, идущие по радиальным осям с шагом 7,5 м. Колонны, как правило, расположены по всем радиальным осям. В нижнем ярусе все колонны расположены вертикально. В средней и верхней части внешний ряд колонн наклонён в наружную сторону в плоскости радиальных осей. Это сделано, чтобы уменьшить консольный вынос подтрибунных балок. Во внутренней части колонны имеют наклон в плоскостях как радиальных, так и кольцевых осей. Наклонные стойки – элемент архитектурного замысла, делающий преднамеренно «хаотичным» вид конструктивных элементов в общественной зоне.

Конструктивная система покрытия представляет собой пространственную оболочку, составленную из пересекающихся (тангенциальных) большепролётных плоскостных рам. В целом конструкцию можно разделить на три основных компонента: первичная несущая структура, вторичная ограждающая и вертикальная конструкция фасада.

Первичная структура состоит из 48 сквозных рам с высотой пролётной части 12 м, с 24 опорами, расположенными равномерно по периметру. Периметр основания эллипса разделён на 24 равных сегмента, определяющих положение 24 колонн. Все элементы «гнезда» изготовлены из стальных элементов коробчатого сечения 1,2×1,2 м (1,0×1,0 м), за исключени-

ем диагональных элементов. Постоянная ширина элементов продиктована идеей скрыть различия между первичными и вторичными элементами, заложенной в архитектурном проекте «гнезда» (рис. 5.2, 5.3).

Огромные периметральные пространственные опорные элементы рам состоят из двух внешних вертикальных элементов (вертикальных ферм) коробчатого сечения размером $1,2 \times 1,2$ м и одной стержневой колонны во внутренней части, связанных в единое целое. Вторичная структура также состоит из коробчатых элементов двух типоразмеров: $1,0 \times 1,0$ м и $1,2 \times 1,2$ м. Поскольку они расположены в одной плоскости, различия между первичными и вторичными элементами сглаживаются.

Два внешних вертикальных элемента каждой пространственной опоры включены в структуру фасада и несут основную нагрузку. Косоуры внешних лестниц и вторичные элементы фасада опираются на внешние колонны.

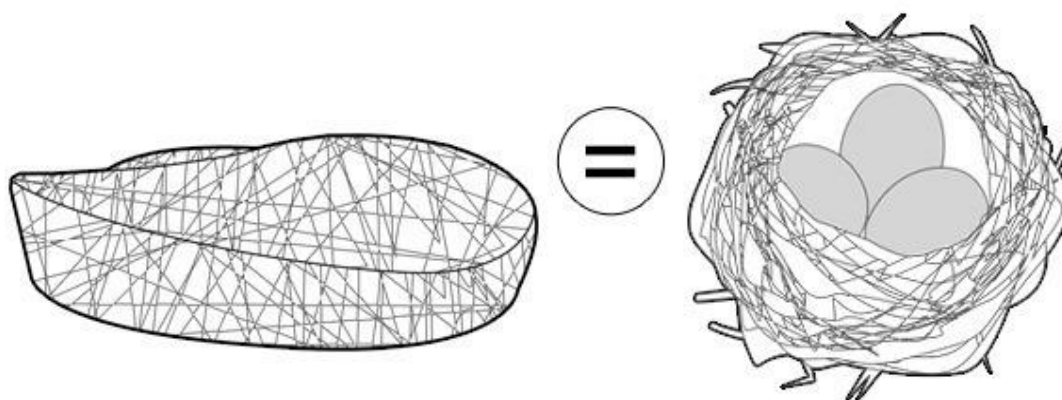
Расходящиеся веером в плане одноплоскостные сквозные (решетчатые) рамы с объёмными треугольного очертания в плане опорами с абсолютно чётким, симметричным расположением несущих конструкций сооружения, образуют единую составную пространственную оболочку в виде тора. Покрытие стадиона, диктующее основную объёмную форму сооружения, органично перетекающее в единую поверхность фасада, с тороидальной поверхностью формируется направляющей и образующей линиями пространственной оболочки с плавно изменяемой, повторяющейся по секторам, геометрией, симметричное расположение которой можно видеть именно только в двух характерных разрезах, проходящих по срединным осям эллипса сооружения.

Светопрозрачные участки покрытия – ETFE – мембрана, она пропускает солнечный свет и воздух, снижает вес здания и затраты на его строительство. Пространственная форма покрытия национального стадиона напоминает «Птичье Гнездо» из-за хаотичного, плетеного вида несущей конструкции, но это не поверхность свободной формы, она имеет форму тора, симметричную относительно воображаемым вертикальным плоскостям, проходящим по срединным осям эллипса. Стальные рамы также регулярны своей геометрией – их оси симметричны по отношению к осям эллипса стадиона, однако это трудно заметить из-за элементов верхней структуры. Стадион, размерами в осях $320 \times 297 \times 69,2$ м (от уровня поля), включает в себе общий объём около 3 млн м³. Стальные компоненты на главной несущей конструкции контрастируют с прозрачными, легкими на крыше и плечевых зонах. Поддерживаемые тросами ETFE панели заполняют 880 отсеков между «ветками», формируя прозрачную поверхность приблизительно 38 тыс. м². Внутренняя мембрана из высокотехнологичного текстиля, расположенная ниже ETFE мембраны, улучшает акустику внутри чаши.

Так как было сложно предварительно оценить точность параметров стальных конструкций сооружения, компанией разработчиком была при-

менена конструкция ETFE панелей – covertex – на основе поддерживаемых тросов и было решено с самого начала изготавливать панели только, когда реальный размер фактических стальных конструкций стал известен. Таким образом, для каждого из этих 880 отсеков (секторов), была отдельная, уникальная 3D системная геометрия. Каждая панель оснащена по периметру крепёжными алюминиевыми профилями на ребрах дренажного желоба. По наклонным панелям вода стекает по желобам, которые входят в систему сбора дождевой воды в самой низкой точке. Несущая способность ETFE панелей ограничена толщиной, которой они могут быть изготовлены. Допустимые пролёты могут достигать приблизительно до 1,5 м. Пролёты большого значения, следовательно, могли быть реализованы только если они будут поддерживаться с помощью тросов или других решений. В случае Национального стадиона панельные отсеки с максимальной площадью 300 м^2 поддерживаются в общем количестве 4690 тросами из нержавеющей стали (рис. 5.4–5.7).

Расстояние между тросами от 0,8 до 1,4 м, диаметр – 10 мм. Почти параллельные кабели проходят в прозрачных мембранных карманах на нижних сторонах панелей. Карманы заходят на несколько сантиметров за края тросов, которые крепятся к стальным желобам в уровне, проходящем несколько ниже чем линия зажима мембраны, используя разветвленные детали и навесные кронштейны. Чтобы ограничить деформацию в отсеках панели, тросы поддерживаются однопролетными RHS балками. Максимальный пролёт тросов между их опорами около 4 м. Первоначальный проект предусматривал применение мембран двоякой кривизны, что значительно усложнило бы устройство кровли, однако, окончательно выбранное решение, было более простым: в области уровня крыши стадиона мембранная поверхность главным образом плоская, а на кривых плечевых областях, она изогнута по одной оси.



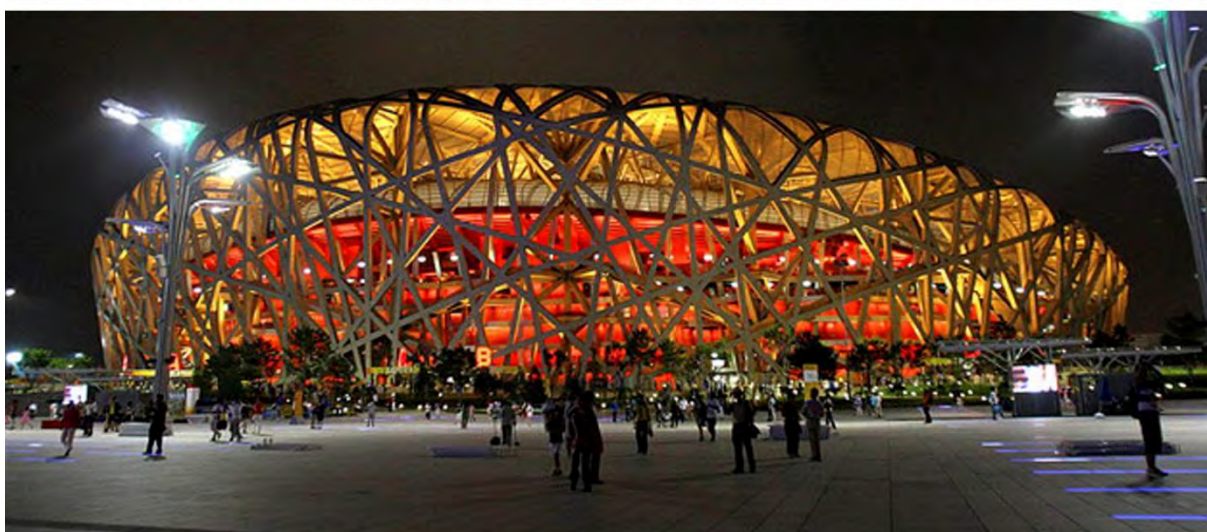


Рис. 5.1. Перспективы

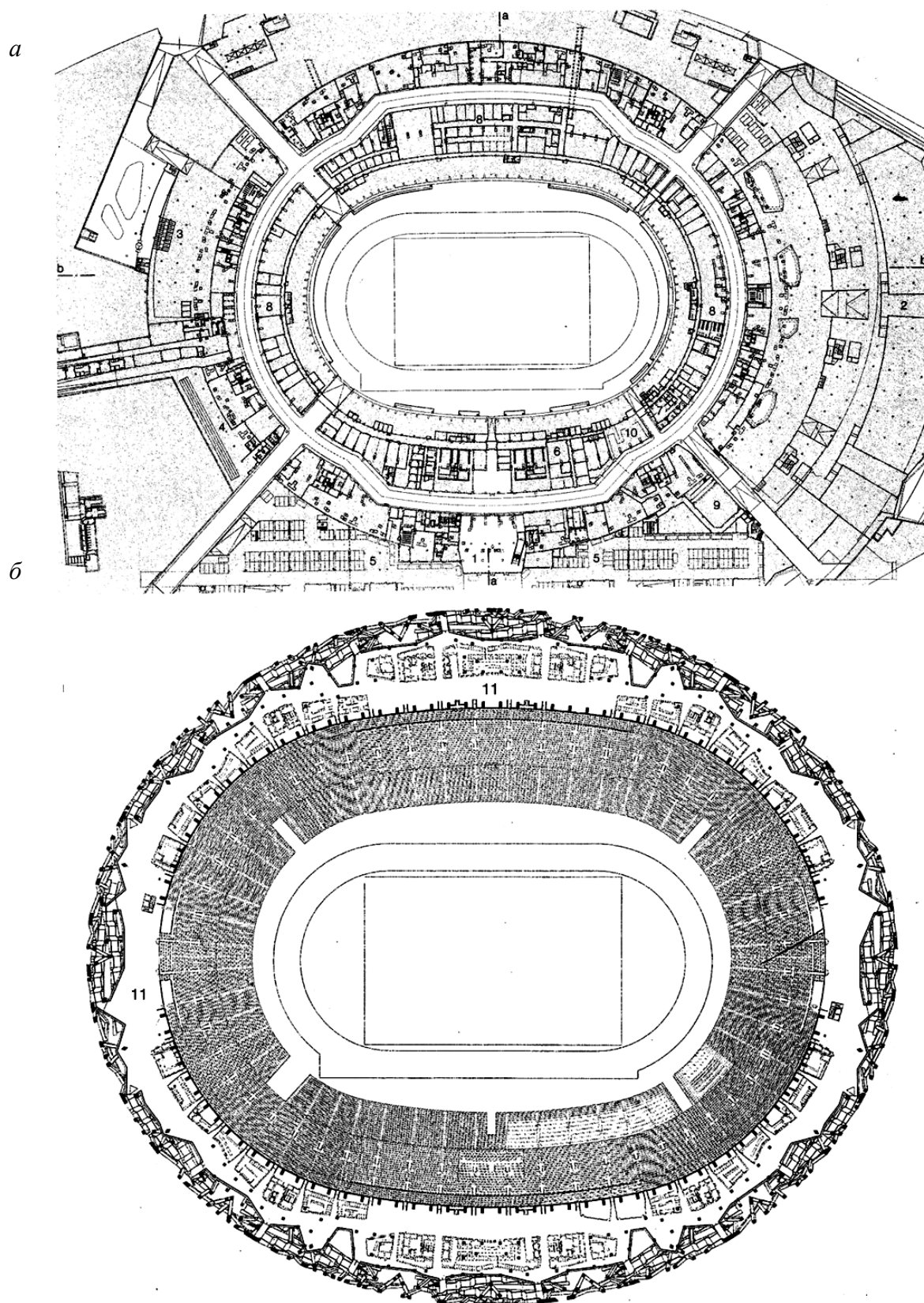


Рис. 5.2: *a* – план нижнего уровня; *б* – план верхнего уровня: 1 – парадный вход; 2 – торговая площадь; 3 – вестибюль гостиницы; 4 – помещения для разминки; 5 – паркинг; 6 – контроль порядка; 7 – медицинский центр; 8 – места для судей; 9 – пресс-центр; 10 – пресса спортсменов; 11 – зал ожидания

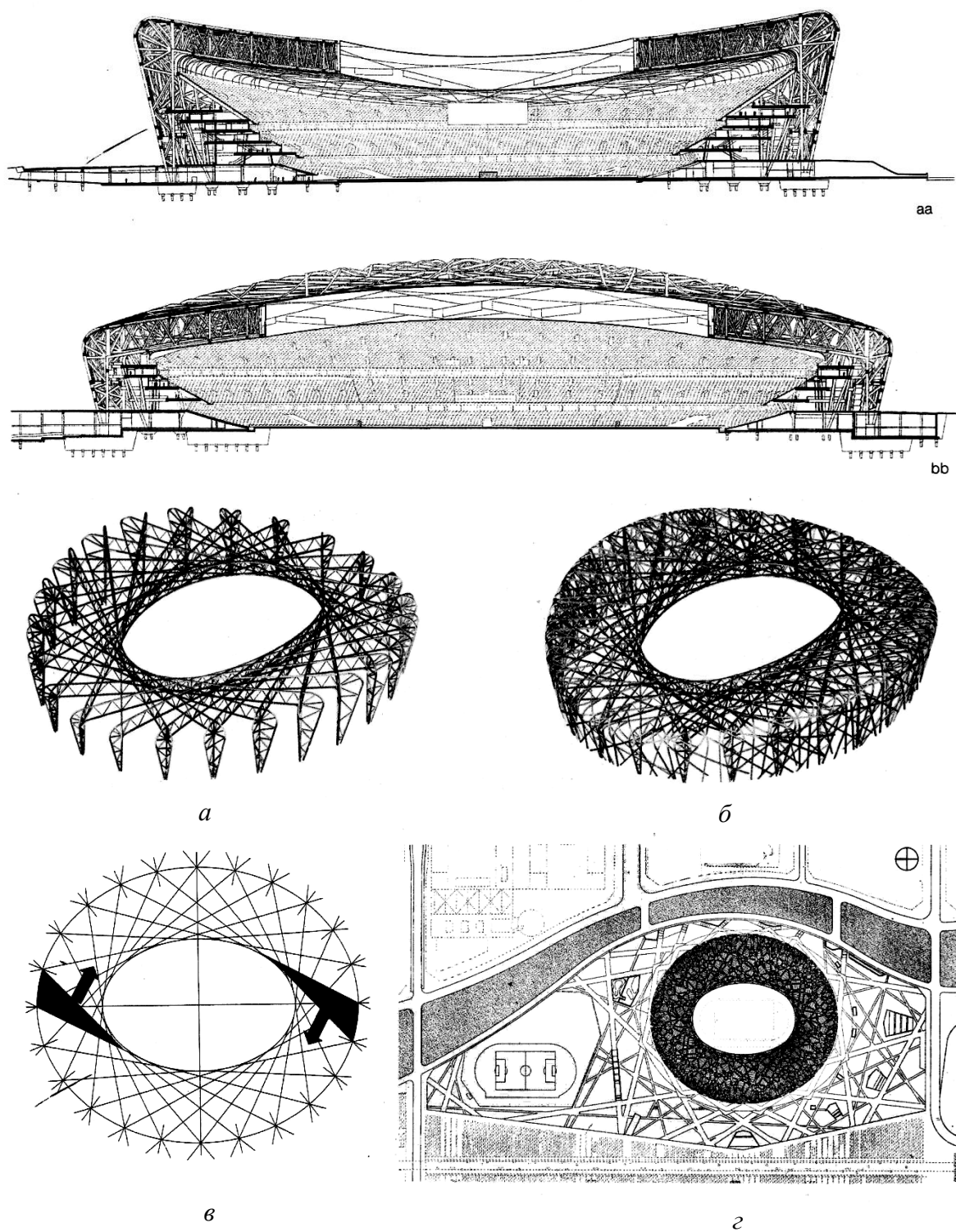


Рис. 5.3: 1 – разрез по линии *aa*; 2 – разрез по линии *bb*; *а, б* – конструктивная модель стадиона; *в* – общее расположение ETFE покрытия по осям 24 порталных ферм; *г* – генплан

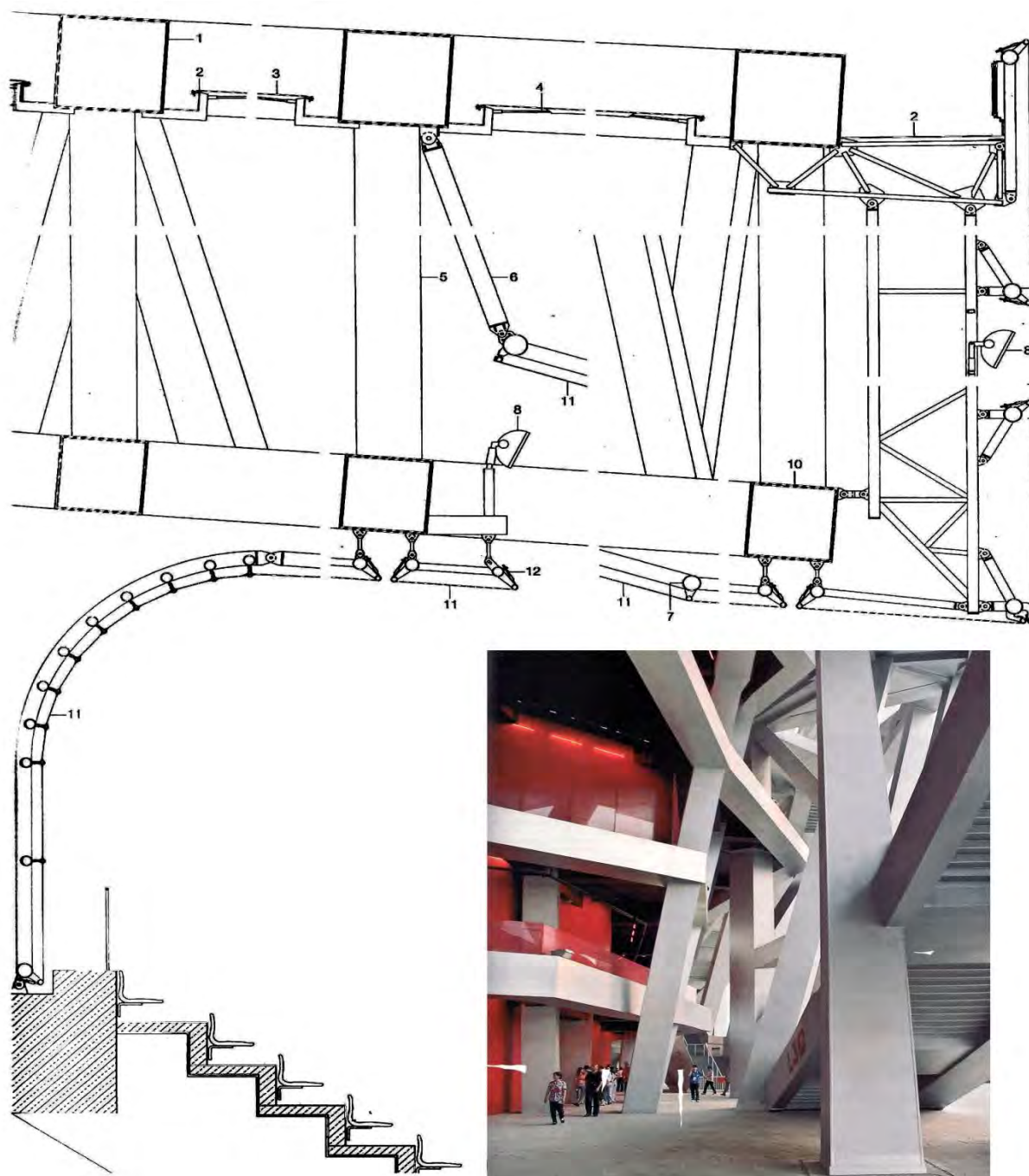


Рис. 5.4. Разрез верхнего отдела крыши и интерьера: 1 – верхний пояс фермы структуры покрытия, 1000/1000/20 мм сталь SHS; 2 – дренажные желоба, стальной лист; 3 – защита от осадков, 250 ETFE мембрана; 4 – стяжка для мембраны ETFE, $d = 10$ мм стальной кабель; 5 – диагональные распорки в структуре кровли, 600/600/20 мм сталь SHS; 6 – подвески для мембраны тефлоновой фермы, $d = 180$ мм стальная труба; 7 – рама для тефлоновой мембраны, $d = 160$ мм стальная труба; 8 – прожектор стадиона; 9 – край крыши, просеивающий свет и вертикальная защита от осадков: визуальное просеивание, погодная проверка, тефлоновое покрытие из стекловолокна, устойчивую к попаданию воды; 10 – нижний пояс фермы, 800/800/20 мм сталь SHS; 11 – оптические экраны и акустическая мембранная ткань из стекловолокна, покрытая тефлоном; 12 – растяжка для мембраны из тефлона, крепится к стальной пластине с помощью болта $d = 89$ мм M10

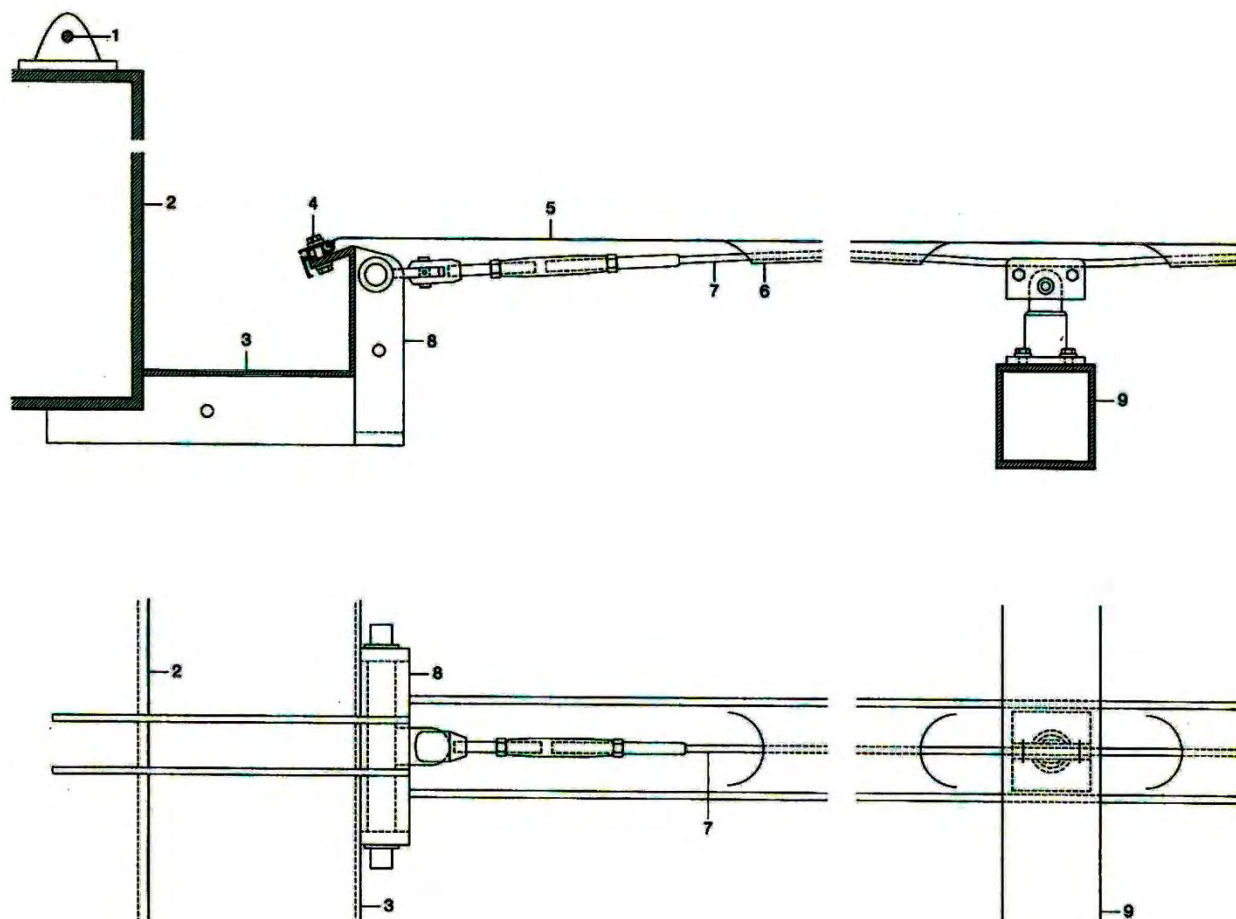
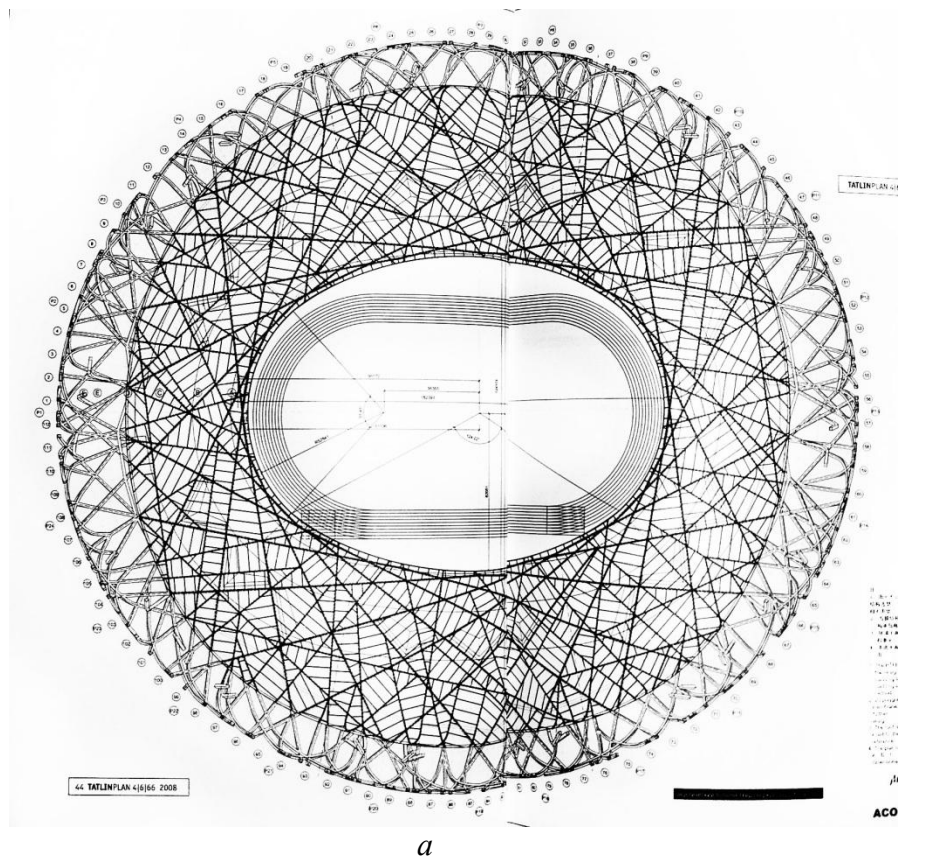
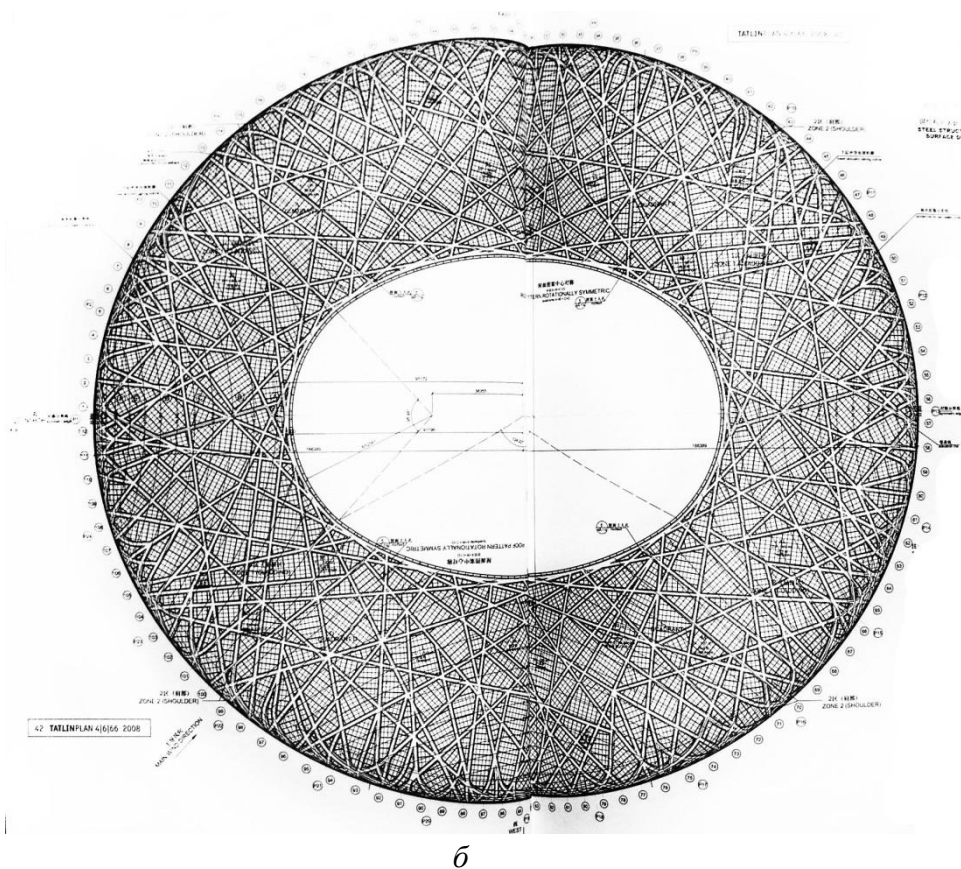


Рис. 5.5. Разрез. Вид снизу. Соединение корпуса и мембраны: 1 – перила безопасности, $d=10$ мм стальной тросс; 2 – стальная рама, 1200×1200-миллиметровый SHS; 3 – дренажные желоба, стальной лист; 4 – фиксирующая полоса, 60 мм экструдированный алюминиевый профиль; 5 – 250 ETFE мембрана с печатным точечным растром; 6 – вторая полоса ETFE, $b=160$ мм; 7 – растяжка для мембраны ETFE, $d=10$ мм кабель нержавеющей стали, приваренный к желобу; 8 – крепления для натяжного троса, приваренный к желобу; 9 – поперечная стальная балка, 150 × 150-миллиметровый стальной SHS с кабельным фиксатором

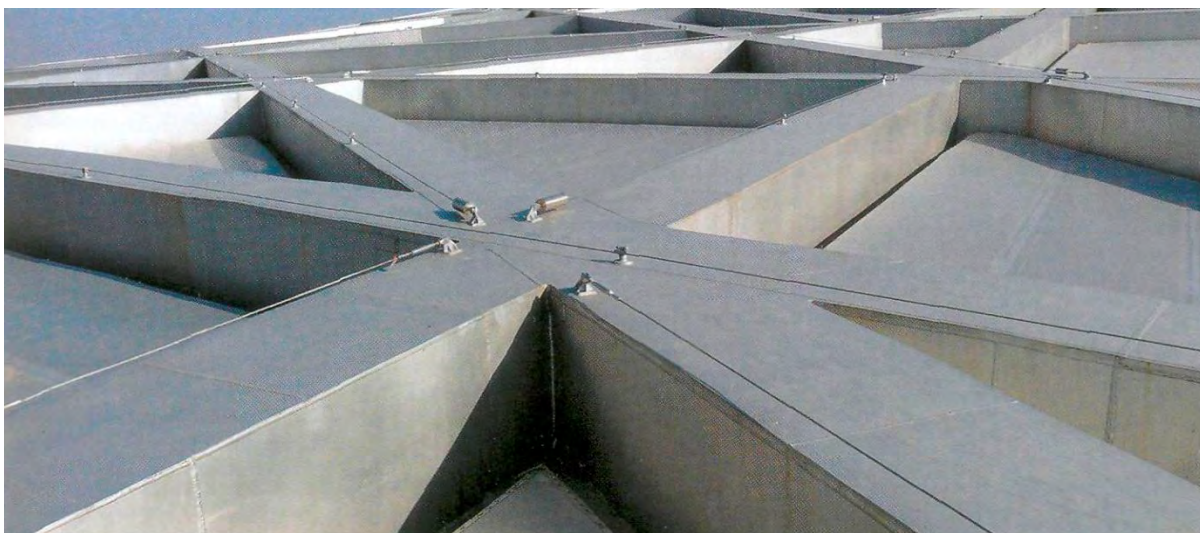


a



б

Рис. 5.6: *a* – акустический потолок (вид сверху);
б – план кровли



a



б



в

Рис. 5.7: *a* – плетение каркаса;
б, в – интерьеры

6. ЦЕНТР ПОЛА КЛЕЕ (ПАУЛЯ КЛЕЕ) В БЕРНЕ

Центр *Пола (Пауля) Клее* расположен в одном из живописных пригородов Берна Шёнгрюне. Когда в 1998 г. возникла идея строительства музея Пола (Пауля) Клее, правительство Швейцарии предложило на выбор два участка – в центре Берна и в пригороде Шёнгрюна. Решение было принято в пользу последнего, так как сельские просторы позволяли включить в комплекс будущего музея большое количество естественных рекреационных зон. На участке, отведенном под строительство нового музея, раньше было поле, с одной стороны ограниченное федеральной автострадой, а с другой – кладбищем, где находится могила Пола Клее. Построен центр в 2005 г. (рис. 6.1–6.4).

В декабре 1998 Ренцо Пьяно, был назначен во главе проекта музея. *Цель архитектора состояла в том, чтобы создать культурный центр, отражающий сложный и междисциплинарный характер художника, который был также музыкантом, писателем и учителем.* Программа включала временные выставки, театральные действия, концерты и лекции, а также детский семинар

Невестка Клее предложила подарить городу Берну 690 картин, при условии, что будет построен музей приблизительно для 4000 работ к концу 2006 г. *Благодаря пожертвованиям было возможно не только выполнить это соглашение, но и расширить пространственную программу с аудиторией, детским музеем и административной зоной. Все функции связаны друг с другом первым этажом «улица музея».* Руководство проектом осуществлялось офисом ARB в Берне. Зал камерной музыки на 300 человек объёмом более 3 тыс. м³ выполнен из элементов сборного железобетона с определённой фактурой.

Первое впечатление архитектора от места в предместьях Берна привело к дизайну нового Центра Пола Клее *в стиле пейзажной скульптуры.* Три взлета и падения волн по местности, непосредственно смежной с местом захоронения Клее. На восток они сливаются беспрепятственно с полем ячменя; на запад они открываются к городу.

Форму нового музейного здания архитектору навяли холмы. Все началось с рисунка. Пьяно изобразил три пологих холма, которые вполне могли бы быть природным образованием: их пропорции и взаимное расположение сообщали законченность великолепному пейзажу и прикрывали шоссе со стороны поля так, чтоб посетителям казалось, будто цивилизация осталась где-то очень далеко. Очень интенсивно форматировали рельеф. Земляные работы были очень трудоёмки.

Центр Пола Клее – это выставочное пространство более чем 4000 м², разделенных на три павильона, в каждом из которых выставляются работы, характеризующие различные стадии профессиональной карьеры художника. Здание было задумано как морщина самой земли: структура, которая возвышается, а затем отступает. Денежная помощь спонсоров и хи-

пурга Мауриса Мюллере позволила воплотить в жизнь это пожелание, добавив к проекту строительства детский музей и помещения для администрации. *На первом этаже так называемая «аллея», как совершенно прямая игла прошивает искривлённое пространство, собирая его воедино, объединяет все помещения Центра.*

Внешняя форма крыши является единственной частью музея, которую можно заметить над ландшафтом, потому что вся структура построена ниже этой деревянной раковины и разрезаны против моды прозрачными стеклянными секциями, позади которых можно найти общественные зоны. Комнаты выставки расположены на уровне ниже земли.

Самый большой павильон на севере имеет размеры 70×75 м, высотой 21 м и занимает площадь 5250 м², в то время как центральный павильон имеет размеры 55×70 м, высотой 14 м и покрывает 3850 м². Самый маленький павильон на юге, размерами 40×60 м, высотой 12 м и занимает площадь 2400 м².

Следствием единой цельной геометрии здания является сложное структурное проектирование 150-метрового стеклянного фасада. Будучи 19 м высотой в его самых высоких точках. Фасад высотой 19 м в самых высоких точках составлен из серий стеклянных пластин, самые большие элементы которых имеют размеры 600×160 см и весят до 500 кг каждый.

Одной из основных проблем с самого начала проектирования была проблема создания яркой окружающей среды без возможности использования естественного освещения. Между тремя огромными объёмами холмов пронизывается протяжённый крытый проход, известный как «путь музея», который был разработан как место для встречи и для обмена информацией, и также служит связью между выставочными пространствами и образовательными областями.

Простота здания обманчива: значительная часть музея находится ниже нулевой отметки. При строительстве пришлось вывезти 180 тыс. м³ грунта. Музейное здание в плане напоминает киль исполинского судна. Надземная часть здания, те самые три «холма», нанизаны на «музейную улицу» – прямоугольную стеклянную галерею, тянущуюся на 150 м с севера на юг. Каждый метр профилированных стальных конструкций, из которых состоят гигантские арки холмов, несколько отличается углом изгиба. Трудно представить себе точность, с которой должны были быть изготовлены такие штучные металлоконструкции, особенно если учесть, что их суммарная длина составила 4,2 км, а длина сварных швов, которые все без исключения сделаны вручную, – почти 40 км.

Однако такие формообразующие изыски – отнюдь не прихоть Пьяно, известного своей страстью к нестандартным кровлям и сводам. Дело в том, что такая огромная крыша подвергается большим нагрузкам – ветровым, температурным и влажностным. Она способна менять пропорции и размер даже при легком изменении температуры, ведь сталь, из которой изготовлен профиль, имеет значительный коэффициент теплового расширения.

Все эти неблагоприятные воздействия были учтены при компьютерном моделировании, позволившем рассчитать оптимальную форму покрытия. Под силой внешних нагрузок, например тяжестью выпавшего снега, три волны крыши деформируются, но столь незначительно, что это никак не влияет на прочность конструкции.

Как говорят авторы проекта, их главным беспокойством в этом проекте было воплощение жеста – волны. Никто не делал ничего подобного этому прежде. Вначале, никто не знал, как задача будет решаться, что делало этот проект настолько захватывающим.

В строении можно выделить пять систем. В точках, где кривые изменяют направление, где в передней части арки перекрывают пролёт от одного желоба до другого, они формируют идеальные дуги. Остальная часть конструкции состоит из четырех различных систем, даже при том, что они похожи друг на друга, только во второй системе – классическая арка поддерживается стеной. В тыловой области, где волны становятся плоскими, выделяется третья система: балки фиксируются в бетонных поперечных стенах. В тыльной части волна становится настолько плоской, что это является действительно только балкой. Пятая система – двухшарнирная арка, которая применяется только на южном холме.

Геометрия здания базируется на трехмерных изгибах. Как на плане, так и в поперечном и продольном разрезах, здание состоит из сегментов окружностей.

Жёсткая конструкция без компенсаторов теплового расширения. Волны, кажется, имеют простую форму, но её, конечно, не легко было достичь. Изначально выполнялись расчёты моделей, стремились выразить формы через формулы, соотнести их геометрию с прекрасной гармоничной кривизной фасада и очень (плоской в тылу) пологим, почти плоским уклоном в конце сооружения ($1,5^\circ$ и 9°). Все балки имеют искривления в плане в соответствии с кривизной автострады: они на 1,2 м смещаются в глубину в самой низкой точке и на 0,8 м в самой высокой точке.

Силы сдвига наклонных внутрь арок передаются через всё сооружение, поэтому в области световых проёмов в покрытии видны тонкие стержни сдвига в верхней части несущих балок и более массивные – в основании. Изнутри более низкие стержни не видимы, так как закрыты ограждением.

Сначала, композиция строилась на основе симметричных волн, однако это не было возможно из-за 6-метрового перепада высот между севером и югом комплекса. Северный холм намного более плоский чем южный. Геометрия была тщательно проанализирована в трёхмерных моделях. Вопрос соглашения между архитекторами и конструкторами решался в течение двух лет.

В первом, самом большом «холме» из стекла и стали расположились вестибюль, аудитория и образовательный центр. В среднем – залы постоянной экспозиции и временных выставок. В меньшем – исследовательский центр

и офисы администрации. *Все галереи расположены на верхнем уровне здания – под эффектной изогнутой кровлей.* Общая площадь экспозиционного пространства 1700 м². С помощью мобильных перегородок его можно «нарезать» на любое количество залов, что очень на руку кураторам.

Отдельного упоминания достойно *необычное освещение экспозиции. Ренцо Пьяно изначально стремился создать в выставочных залах таинственный полумрак: для него музей, расположенный неподалеку от кладбища, где похоронен великий художник, – это не только центр изучения творчества Клее, но и место памяти, наделенное сакральным значением.* Это поэтическое желание архитектора совпало с насущной необходимостью. Дело в том, что Пол (Пауль) Клее нередко использовал нетрадиционные материалы, которые не выдерживают обильного освещения. Интенсивность света должна была сохраняться между 50 и 100 люксами из-за типов произведений искусства, которые будут присутствовать (акварельные краски, рисунки, и т. д.), которые традиционно более хрупки, чем картины. Произведения искусства также были бы чрезвычайно чувствительны к изменениям в температуре и влажности, и поэтому климатические данные также должны были постоянно проверяться. Эти ценности стали основанием для другого чрезвычайно важного аспекта дизайна: *фактически, целый ряд мероприятий были предприняты именно для того, чтобы поддерживать самые низкие уровни потребления энергии. Исключительная изоляция крыши, потолков и этажей минимизирует теплоотдачу,* в то время как сложная система внешних силуэтов защищала от интенсивного света и высокой температуры летних месяцев.

Итак, насладившись эффектным наружным видом здания, посетители проникают во чрево стального «холма» и оказываются в уютных камерных залах, из сумрака которых выступают неповторимые, яркие, загадочные полотна Клее. *Экспозиционное пространство решено так лаконично и рационально, что сомнений в том, для чего и во имя кого строился этот музей, не остается. Архитектура при всей своей экстравагантности смогла стать идеальным фоном шедеврам, для которых предназначалась, и в этом главная заслуга Пьяно.*

Фундамент: *монолитный бесшовный. Конструктивные решения: все бетонные конструкции здания отливались как единое целое, без использования температурно-деформационных секций и швов,* после усадки здания трещины были забетонированы, по периметру подземных этажей засыпался грунт до уровня нулевой отметки. Конструктивная система: *монолитный бетонный каркас; покрытие: стальные арки коробчатого и двутаврового сечений с шагом 2,5 м, профилированный настил с фольгоизированной кровлей,* производство стальных конструкций – Zwahlen&Mayr. Фасад: *наборный, независимые витражи закреплены к нижнему поясу балок и у нижнего основания здания на тросах, что позволяет сегментам фасада двигаться независимо;* производство конструкций фасада – Tuchs Schmid AG; оконные системы: *секционные наборные витражи.*

Арочные пролеты различаются по высоте и набраны из стальных фрагментов различной кривизны. Кроме того, арки раскрепованы рядами специальных связей-распорок, которые идут перпендикулярно им.

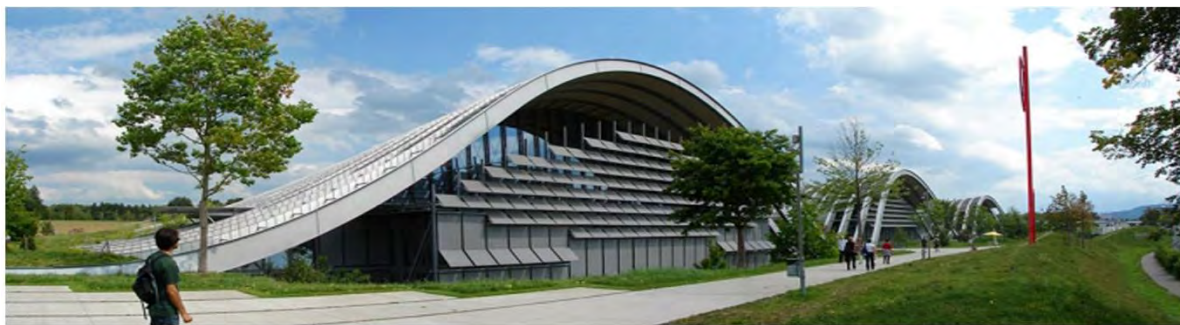
Предстояло также решить проблему температурных и погодных нагрузок на получившуюся конструкцию. Так как стальная крыша построена без использования деформационных швов, она словно «дышит»: поднимается, нагреваясь, и опускается в процессе охлаждения. Максимальный «ход» стальных арок составляет 32 мм в коньке. Чтобы фасадное остекление без потерь переносило такие колебания, наборный стеклянный витраж фасада в плане изогнут и одновременно несколько наклонен. К балкам он крепится на четырехжильных стальных тросах, которые предварительно напряжены при помощи «балансира» – специальной балки, закреплённый непосредственно к нижнему поясу арок перпендикулярно плоскости фасада. Больше всего данная система напоминает средневековый арбалет («арбалет» – специально разработанная система напряженных тросов, регулирующих высоту подъема витражей фасада).

Конструктивная система фасада была разработана таким образом, чтобы позволить ему повторять движения крыши без увеличения нагрузок непосредственно на конструкцию, что могло бы привести к разрушению стеклянных элементов. Рассчитаны допустимые колебания каждой стойки, соединяющей верхние и нижние участки фасада.

Несущая структура состоит из стальных ребер, вырезанных автоматическим оборудованием, разных форм и потом подогнанных и сваренных вручную. Высота балок варьируется от 800 до 1200 мм. Между ними – трубчатая решетка, на которой на уровне земли по краям появляются лотки из листового металла, заполненные землей, чтобы осуществить постепенный переход к уровню земли. Спереди, на главном фасаде, волны изгибаются и имеют открытые точки опоры в основании. Далее, продвигаясь в глубину комплекса, изгибающаяся геометрия продолжается под землей, где армированные бетонные стены нижнего этажа несут нагрузки арок. Изогнутые арки для устойчивости из плоскости фасада связываются напряженными тросами. В самой высокой точке крыша так же воспринимает нагрузки от подвесного фасада. Чтобы равномерно распределить нагрузки, так называемый «арбалет», состоящий из стальных тросов и труб, перераспределяет их на секцию из пяти ребер-балок коробчатого сварного профиля (рис. 6.5–6.9).

Каждая серия стальных арок немного наклонена под различным углом.

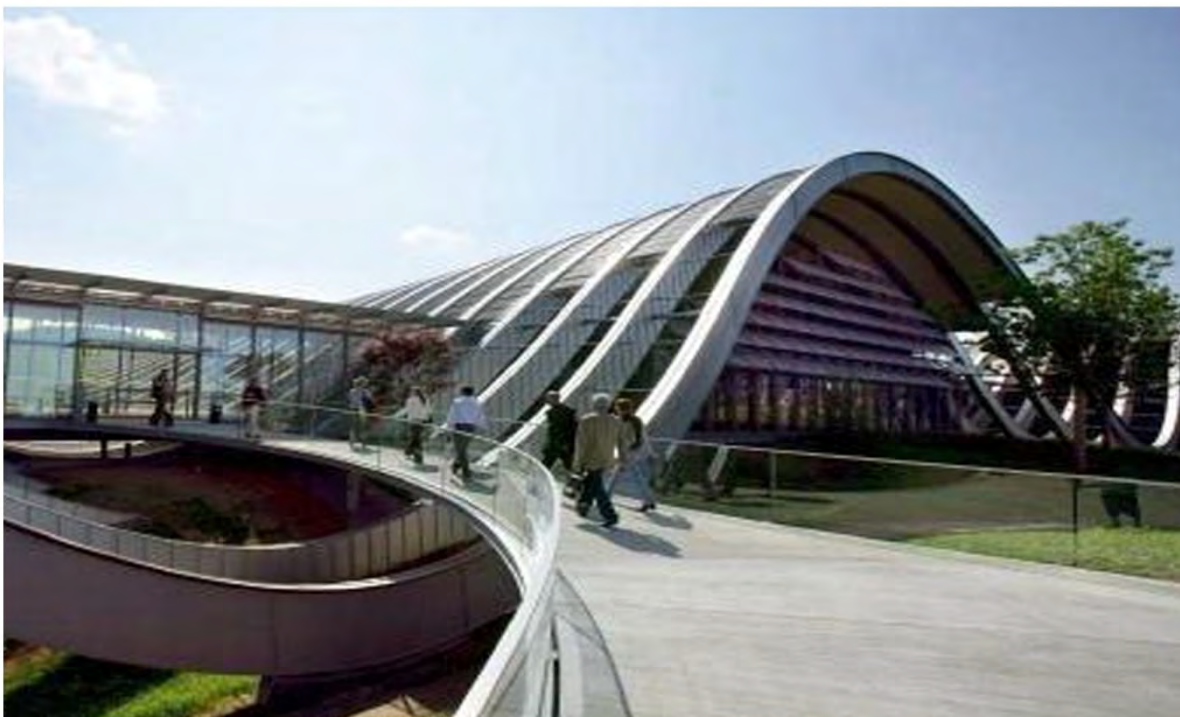




а



б



в

Рис. 6.1: *а* – вид на основной фасад центра Пола Клея в Берне; *б, в* – имитация изгибов волн придаёт этому зданию особое очарование

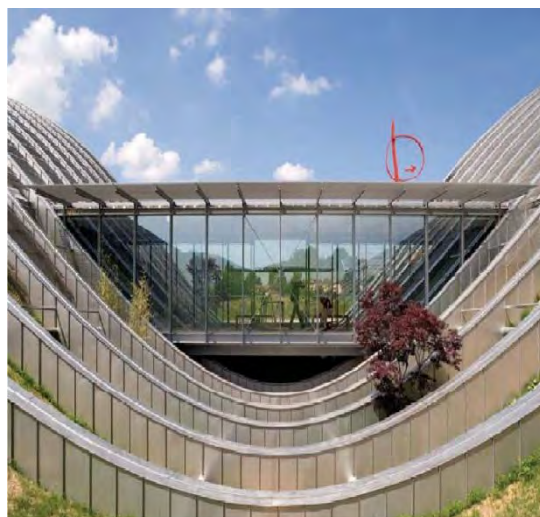
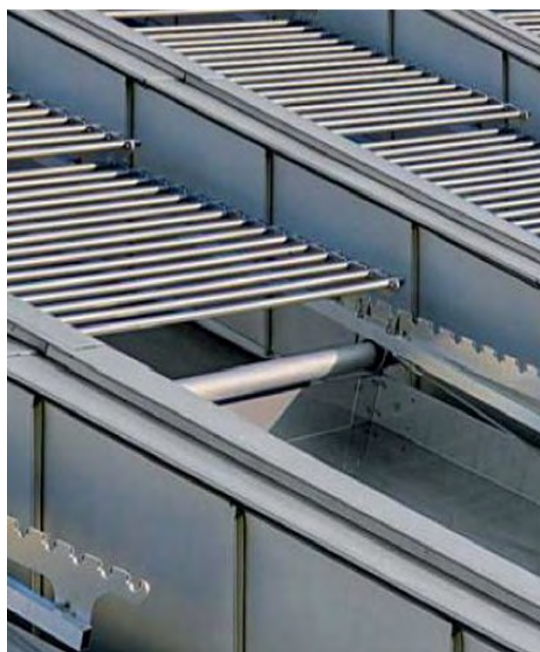


Рис. 6.2. Сегменты непрерывно изгибающихся стальных арок, «прошитых» аллеей

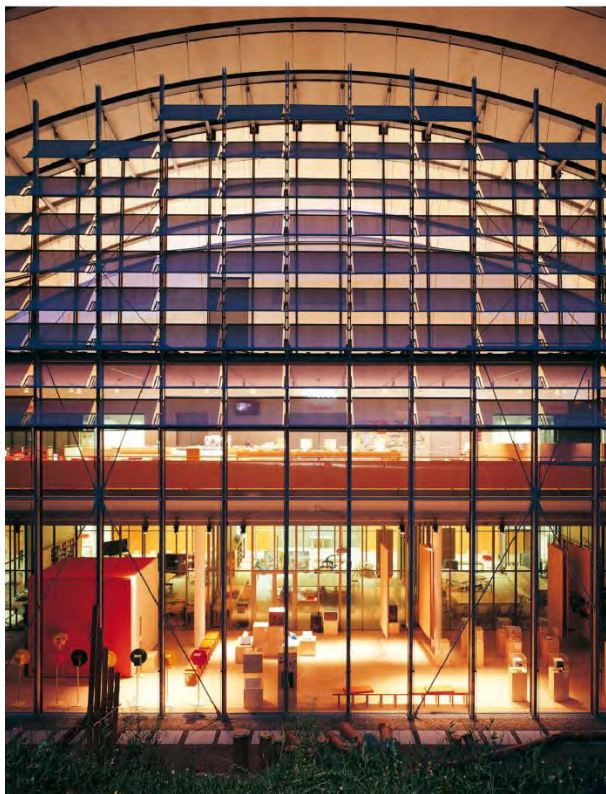
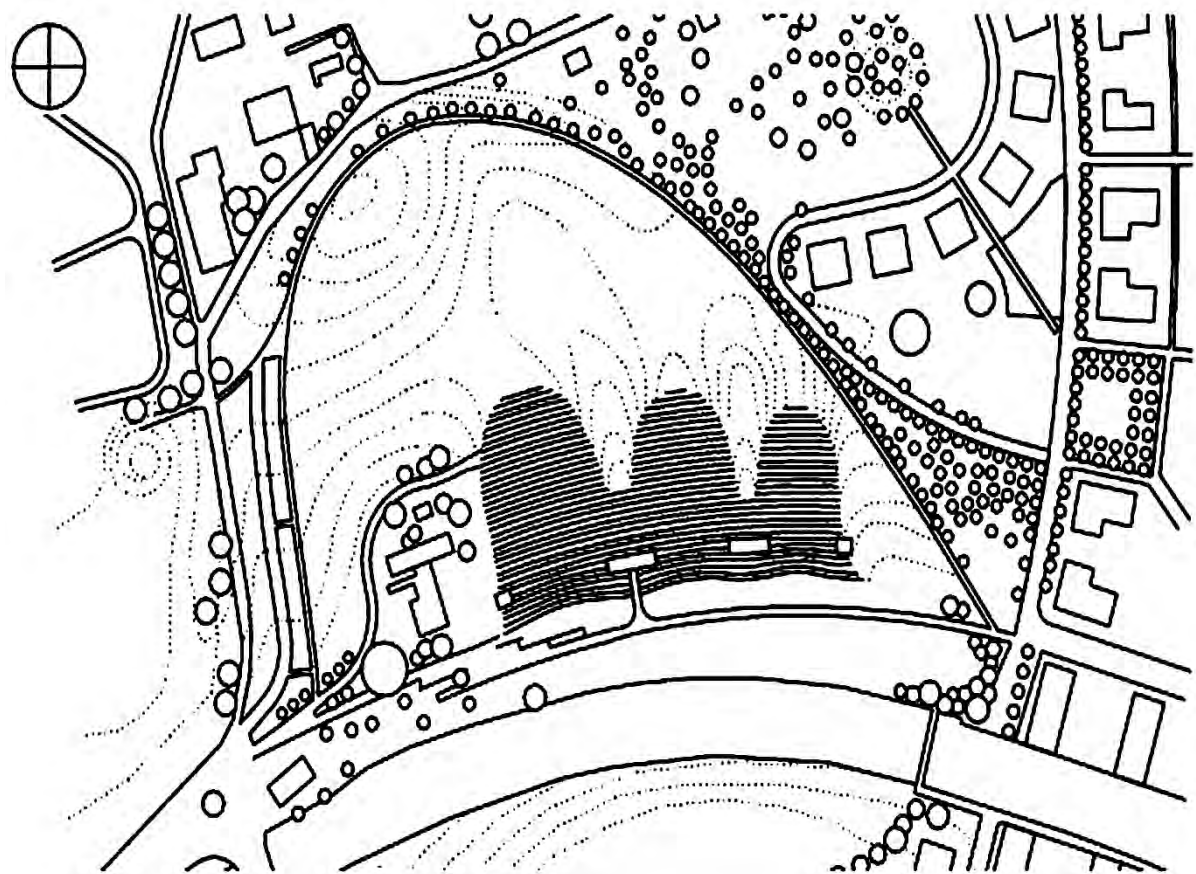
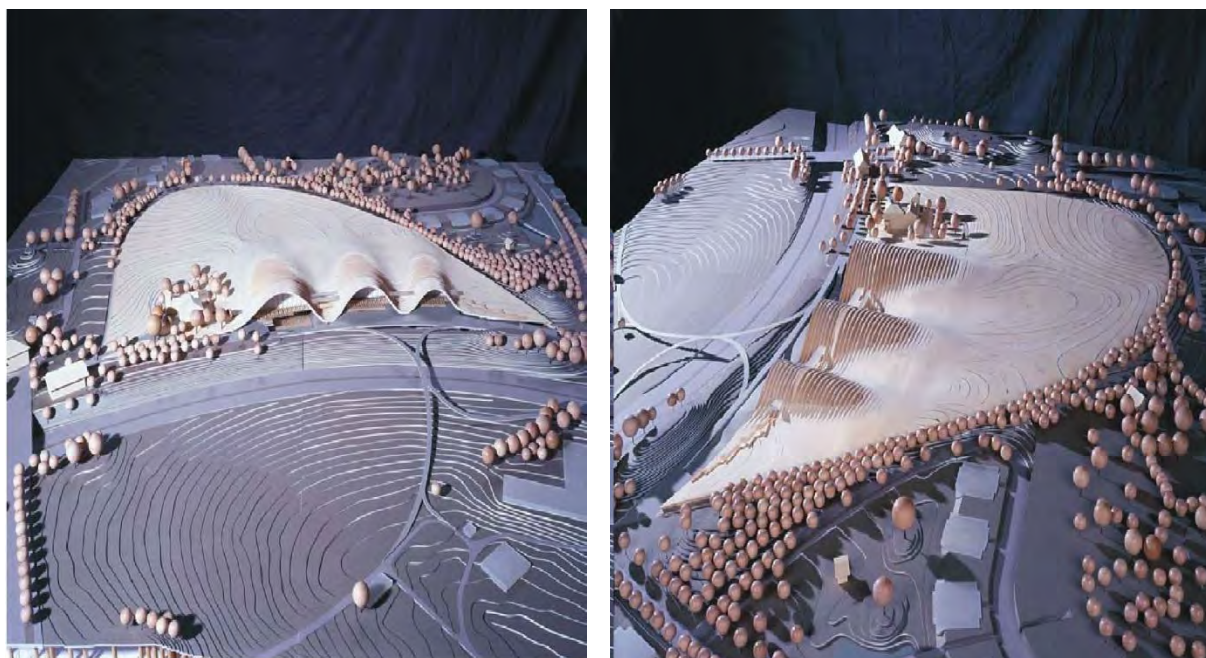


Рис. 6.3. Интерьеры



a



б

Рис. 6.4: *a* – генплан; *б* – общий вид (макет)

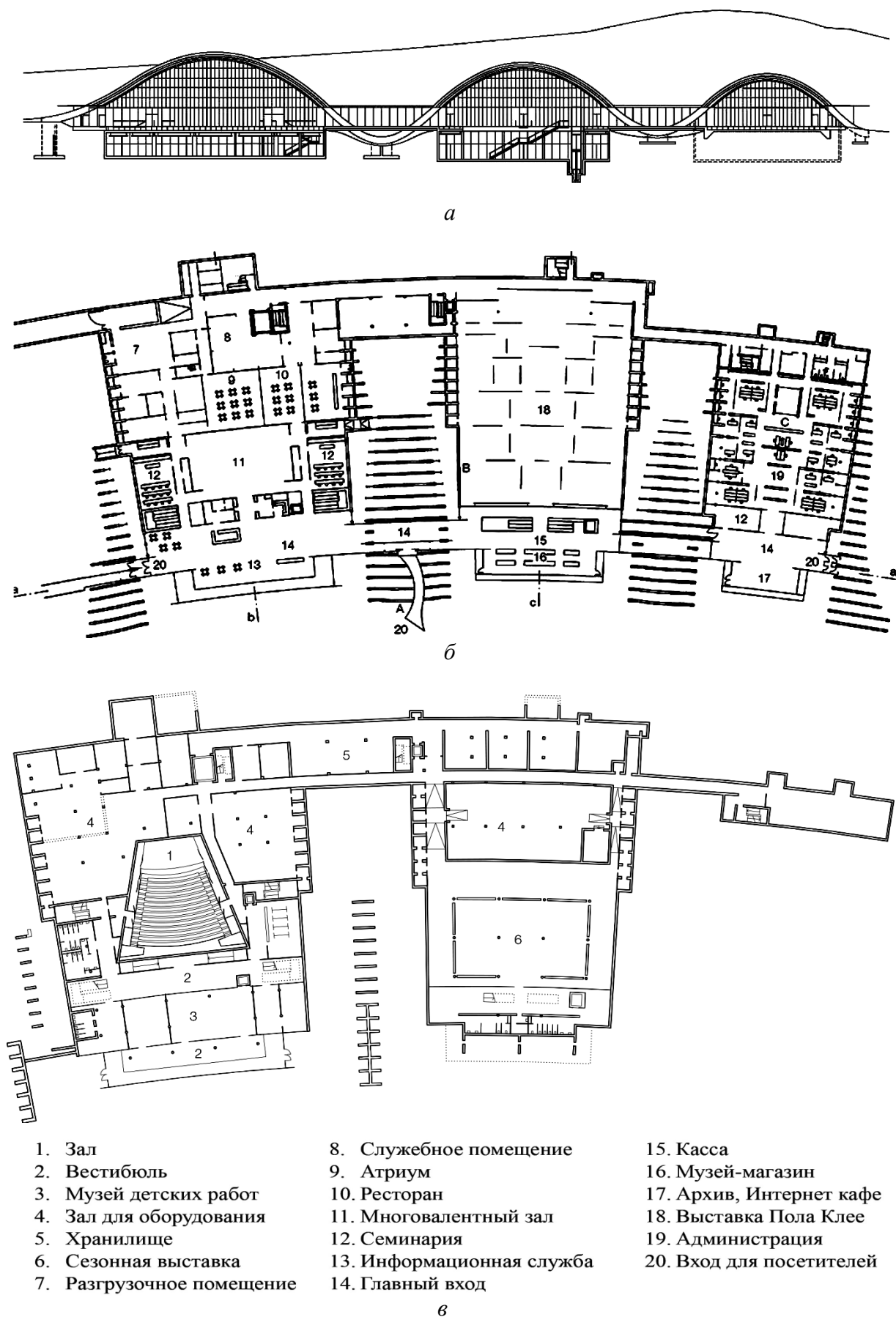


Рис. 6.5. Основные объёмно-планировочные элементы: *a* – разрез по главному фасаду; *б* – план первого этажа; *в* – план цокольного этажа

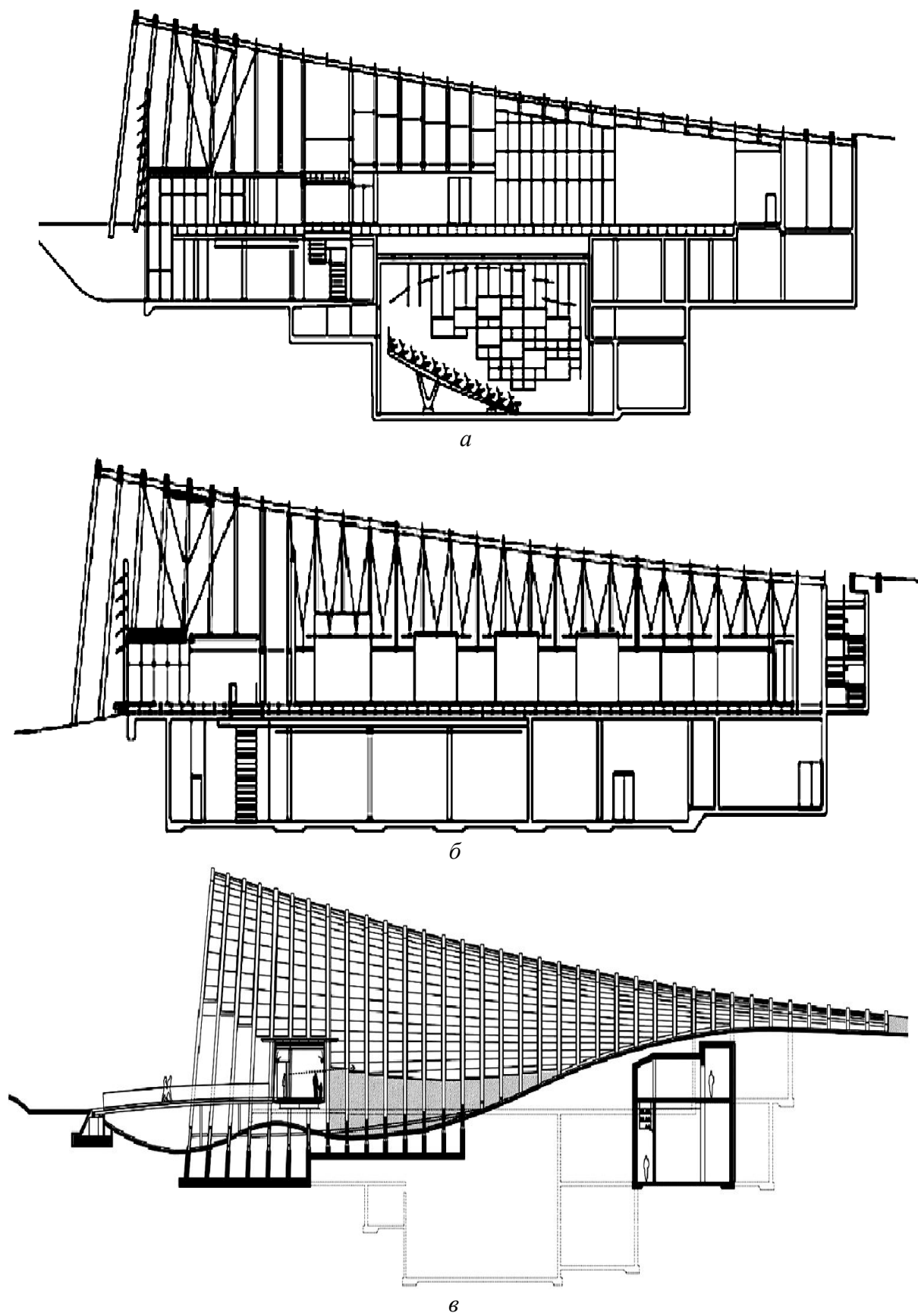


Рис. 6.6: а, б, в – разрезы

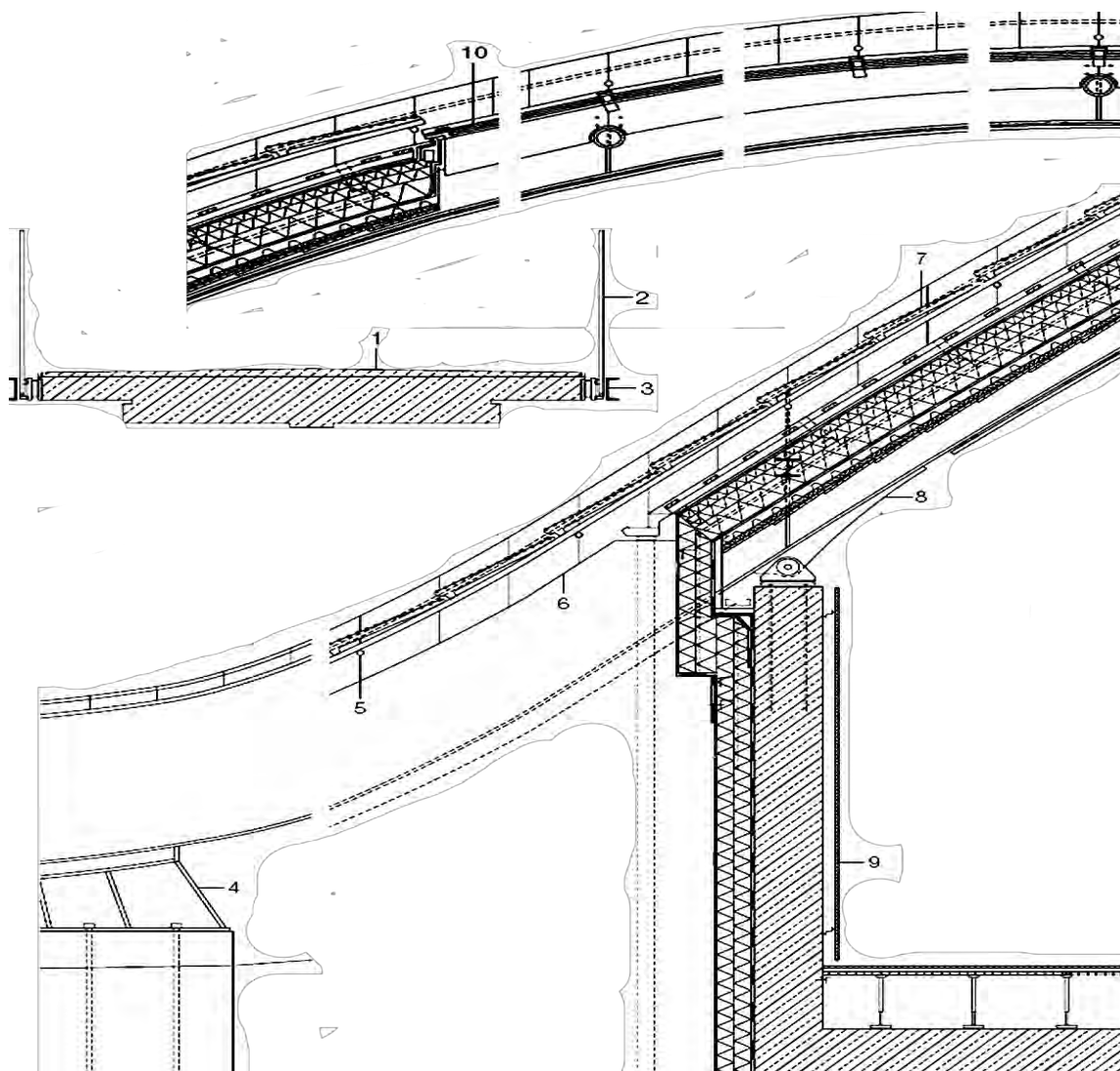
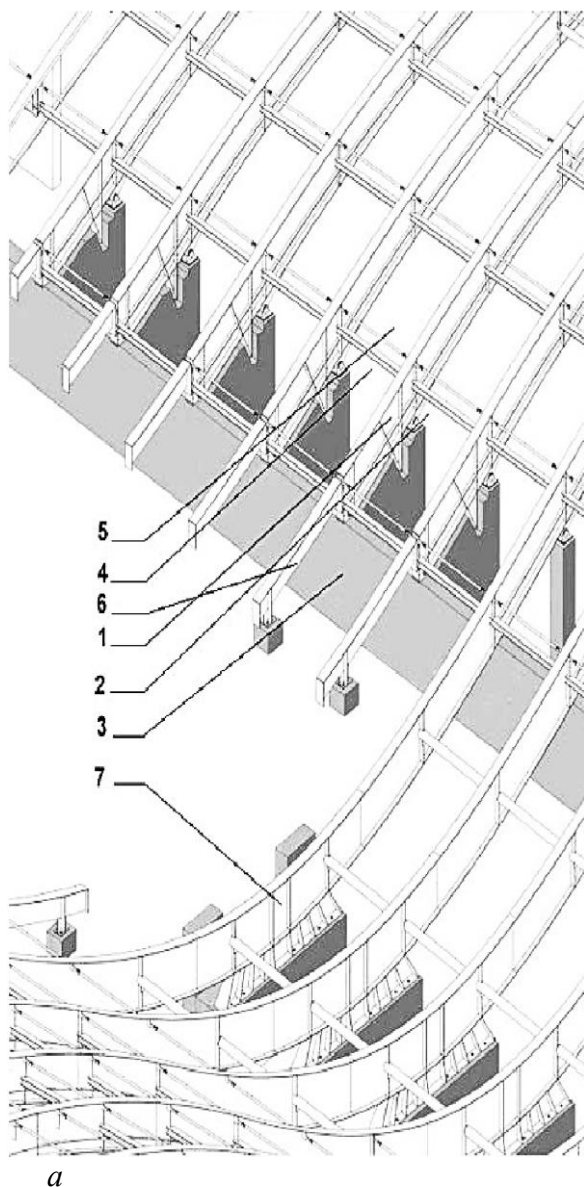


Рис. 6.7. Фрагменты разрезов:

1 – 30–60 мм гранитное мощение с уклоном по железобетонной плите 340 мм; 2 – балюстрада: ламинированное безопасное стекло 2×10 мм; 3 – стальной швеллер 160 мм, полоса эластомера 160/20 мм, стальные пластины 150/15 мм; 4 – сварная стальная опора на железобетонном фундаменте со стальными анкерами горизонтальных усилий; 5 – стальная труба $\varnothing = 40$ мм; 6 – грунт; 7 – трубчатая алюминиевая решетка $d = 16$ мм, лист нержавеющей стали 0,4 мм, деревянная доска 24/100 мм, 50/70 мм контробрешетка на резиновых (упругих) прокладках, фольгоизированное гидроизоляционное рулонное покрытие со сварными швами (нахлёстами), 280 мм теплоизоляционный слой (стекловата), эластомерно-битумная самонивелирующаяся холодная мастика, стальной оцинкованный профнастил 40 мм, акустическая звукоизоляция 30 мм по деревянной композитной плите 16 мм; 8 – шарнирная опора: стальные плиты $2 \times 120/20$ мм со стальной трубой $\varnothing = 110$ мм; 9 – обшивка листами гипсокартона, армированного стекловолокном $\delta = 12,5$ мм, алюминиевые несущие профили 35 мм, железобетонная стена $\delta = 400$ мм с покрытием битумизированной мастикой, термоизоляция (полистирол) $\delta = 200$ мм, дренажный канал 20 мм; 10 – однокамерный стеклопакет с офсетной печатью и алюминиевыми профилями: 8 мм закалённое кремниевое стекло, 16 мм прослойка с аргоном, ламинированное безопасное стекло 21 мм, стальная труба квадратного сечения SHS 60/60 мм, стальная труба $\varnothing = 159$ мм



б)



в)

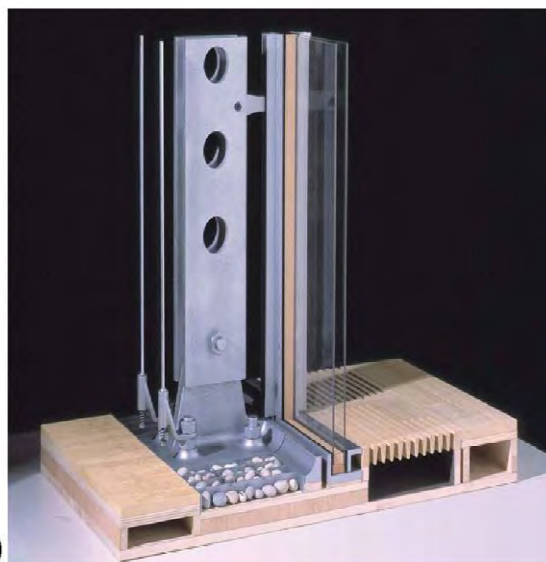


Рис. 6.8: *а* – детальный аксонометрический вид между центральным и южным холмами: 1 – I-сечение 240/800–1200 мм; 2 – идентичные опоры, независящие от изменений уклона пролётных строений; 3 – по окончании пролётов, где арки заканчиваются, они обшиваются; 4 – нижняя зона арки связывается балкой, используя распорку НЕВ 140 мм; 5 – верхняя зона арки связывается стержнем и решетчатой распоркой, используя трубы диаметром 48 мм; 6 – продление опорной части предназначено для сохранения визуального слияния между топографией местности и пролётной структурой; 7 – видимые опоры непрерывных пролётных строений; *б* – несущее стальное ребро изогнутой формы (макет); *в* – «домик», заполненный грунтом для последовательного перехода от конструкции к пейзажу (макет)

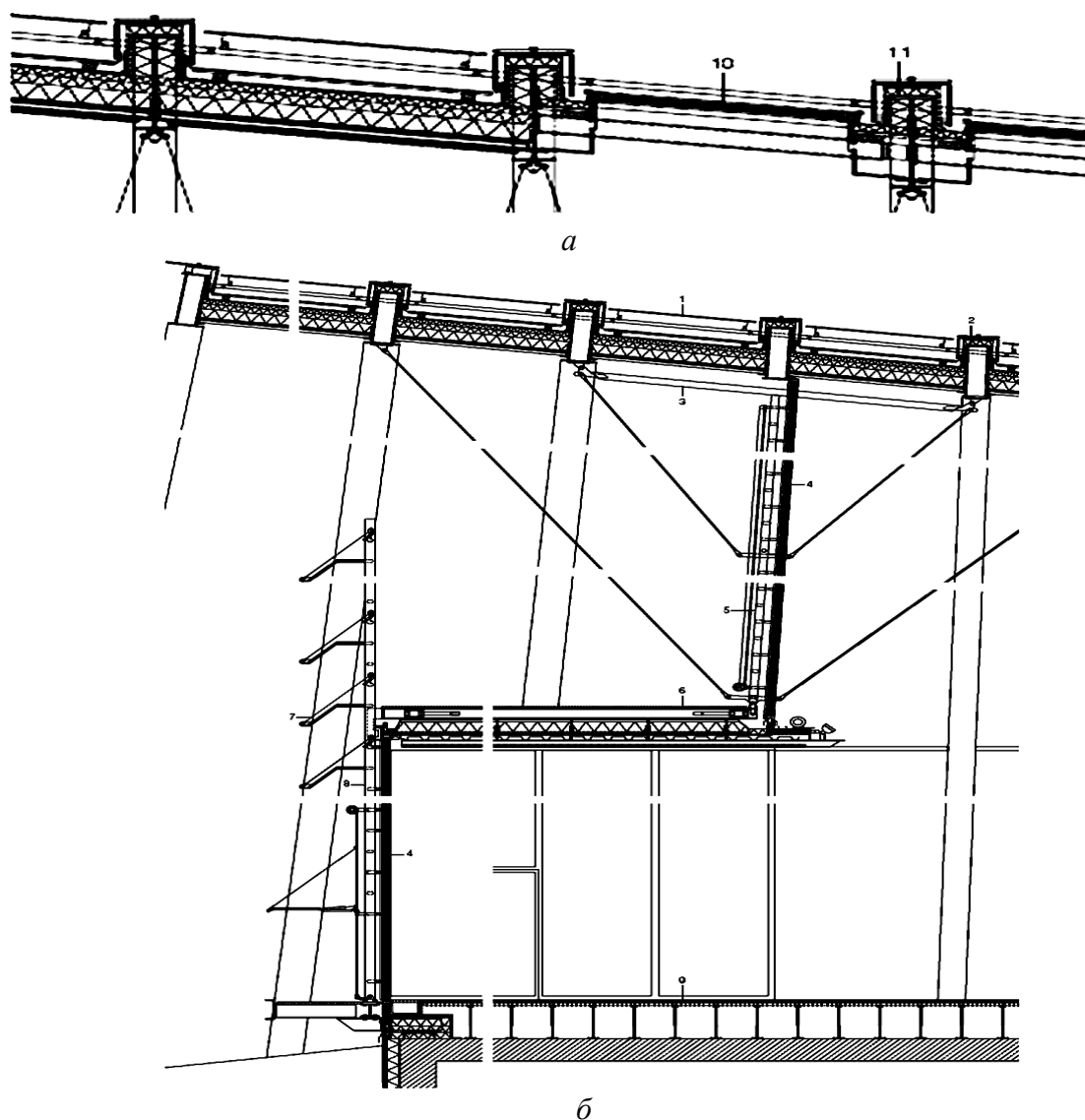


Рис. 6.9: *а* – фрагмент разреза по покрытию; *б* – разрез по фасаду: 1 – трубчатая алюминиевая решетка $d = 16$ мм, стальная труба $d = 40$ мм, лист нержавеющей стали 0,4 мм, деревянная доска 24/100 мм, 50/70 мм контробрешетка на резиновых (упругих) прокладках, фольгоизированное гидроизоляционное рулонное покрытие со сварными швами (нахлестами), 280 мм теплоизоляционный слой (стекловата), эластомерно-битумная мастика, профнастил 40 мм, звукоизоляция 30 мм по деревянной композитной плите 16 мм; 2 – сварная коробчатая балка 300/800-1200/20 мм; 3 – стальная труба для распределения нагрузки 120/120/8 мм; 4 – стеклопакет: 8 мм закалённое кремниевое стекло, 16 мм прослойка с аргоном, кремниевое стекло 2×5 мм; 5 – стальная стойка 2 × × 90/10 мм; 6 – 20 мм металлическая решетка на стальном двутаврам, 160 мм, листы из нержавеющей стали 0,4 мм, 180 мм полиуретановая теплоизоляция, 40 мм ребристые листы из оцинкованной стали, алюминиевые профиль 60/100 мм, гипсокартон 2 × × 12,5 мм; 7 – устройство солнцезащиты на стальных уголках 2×30/30 мм; 8 – стальные стойки 2×110/15 мм на анкерной плите; 9 – дубовый паркет 16 мм на лагах 30 мм, настил из деревокомпозита 40 мм; 10 – стеклопакет с офсетной печатью и алюминиевыми профилями: 8 мм закалённое кремниевое стекло, 16 мм прослойка с аргоном, ламинированное безопасное стекло 21 мм, стальная SHS 60/60 мм, стальная труба $d = 159$ мм; 11 – стальная сварная двутавровая балка 320/800-1200/20 мм

7. УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА В БЕРЛИНЕ

Свободный университет является одним из ведущих образовательных учреждений Берлина. В настоящее время в нем обучаются 39 000 студентов. Основное здание университета было открыто в 1973 г. К 2000 г. возникла потребность в капитальном ремонте университетского здания. Чтобы ремонтные работы не мешали учебному процессу, *руководство университета приняло решение построить новое здание для библиотеки в рамках существующего комплекса.*

Здание новой филологической библиотеки, запроектированное британским архитектором сэром Норманом Фостером (*Sir Norman Foster*) и его студией «*Foster and Partners*» (Лондон), располагает 6300 м² полезной площади для обслуживания 650 читателей и 700 000 книг, включает фонды 11-ти различных научных учреждений. Было открыто в 2005 г. *Постройка соединена с соседними зданиями посредством двух цветных входов. Пятиэтажное здание, напоминает формой яйцо, пузырь или мозг. В народе его окрестили «мозг Берлина». Ярусы книгохранилища и читальных залов выполнены в обтекаемых, волнообразных формах. Книжные полки находятся в центре каждого из четырех этажей. Каждый этаж обрамлен галереей, с которой открывается вид на другие этажи и на центральный вход.* Такая планировка обеспечивает свободную циркуляцию воздуха внутри всего здания и его естественное освещение, поскольку множество окон в стенах и потолке пропускают большое количество солнечного света (рис. 7.1, 7.2).

Полностью перекрывающая и обволакивающая весь объём здания библиотеки – *асимметричная сферическая оболочка* – выполнена из *перекрёстно-стержневой структуры*, высотой около 20 м, перекрывает пролёт в поперечном направлении (с двумя промежуточными опорами) порядка 50 м. Для того, чтобы сохранить пологую кривизну оболочки, несущая нагрузку структура дополнительно опирается на железобетонные остовы обеих центрально расположенных, открытых лестничных клеток.

Оригинальность новой постройки, прежде всего, заключается в двойном ограждающем покрытии оболочки библиотеки. Внешняя оболочка имеет ячеистую конструкцию из стекла и алюминия, которая поддерживается пространственной структурой из полых стальных труб диаметром 89–114 мм с конструктивной высотой до 2 м. Серебристые алюминиевые панели чередуются с остеклением из стеклопакетов с наружной стороны. Вторая оболочка, внутренняя, выполнена из стекловолокна. Она состоит из около 1000 отдельных элементов с общей площадью 4000 м². Мембраны из стекловолокна были индивидуально раскроены в форме трапеции и закреплены на специальные профили. Каркас был выполнен из алюминия с различными узлами, разработанными специально для библиотеки. Оболочка акустически эффективная и негорючая. Для высокой светопроницаемости одни поля оболочки были заламинированы

каждая в отдельности в ETFE – плёнку, другие были вмонтированы в нержавеющую стальную сетку для вентиляции. Этот материал смягчает проникающий в помещение дневной свет, равномерно распространяя его по всему объёму помещения библиотеки, создавая благоприятную атмосферу для необходимой концентрации внимания. На нижнем этаже для улучшения условий освещения предусмотрены дополнительные углубления с лампами (рис. 7.3–7.9).

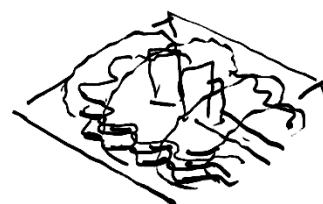
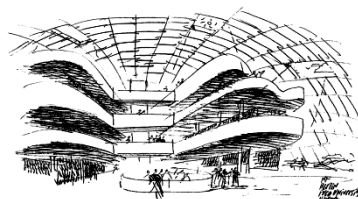
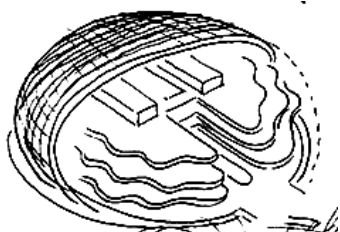
Климатическая система в здании отвечает современным экологическим требованиям. Фасад выступает как проводник и буфер тепла, в то же время - отдельные панели могут быть открыты в зависимости от погоды. Поступление свежего воздуха через форточки регулируется компьютером, а отопительная система использует тепло от нагретых поверхностей. Массивная внутренняя структура бетона выступает в качестве хранилища-аккумулятора тепла, также при помощи водопроводных труб осуществляется дополнительное охлаждение или подогрев. При температуре ниже 6 °С закрывается внешняя оболочка, свежий воздух подогревается бетонной конструкцией. При температуре выше 16 °С, воздух охлаждается прежде, чем попасть в помещение.

Внутри создается собственный благоприятный микроклимат, как для сохранности фондов, так и для здоровья читателей.

В здании использованы светильники от Siteco с ВАР-Raster (примечание ВАР – Bildschirmarbeitsplatz – рабочее место с монитором), прикрепленные к потолку и в качестве подвесов. Они освещают пространство полок и проходов, обеспечивают быструю ориентацию и оптимальную вертикальную освещенность всей поверхности полок. Прямое распределение света создает приятное впечатление от помещения.

Формально полосы света контрастируют с органическим, изогнутым дизайном здания. В то время как оболочки здания и интерьер неизменно ссылаются на округлённые формы, светильники создают линейную, более угловатую конструкцию. Полоса света длиной 3000 м проходит через стеллажи книг на разных этажах.

Siteco Lunis® С светильники с газоразрядными лампами высокого давления были использованы в зоне входа, Lunis® светильник с компактными люминесцентными лампами в санитарных зонах. Источниками света маленьких аудиторий служат встроенные светильники Comfit® с регулируемой яркостью с Darklight-растром. Расположение, схема и количество света позволяют проводить лекции и экзамены.



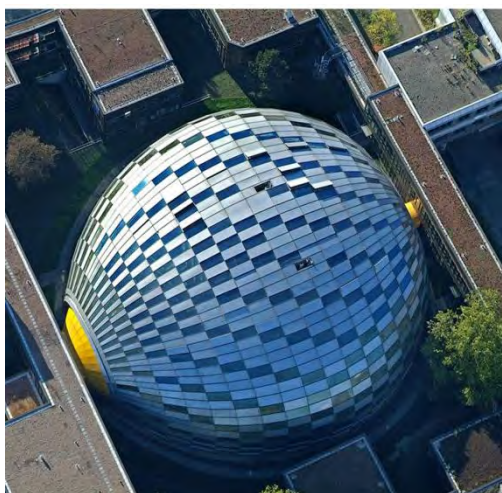


Рис. 7.1. Общий вид с разных ракурсов

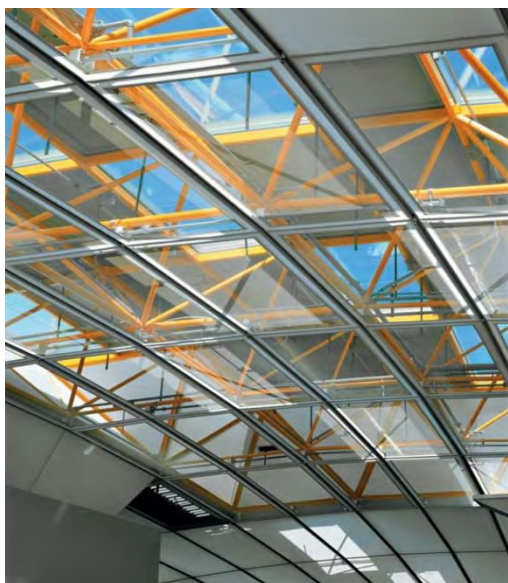
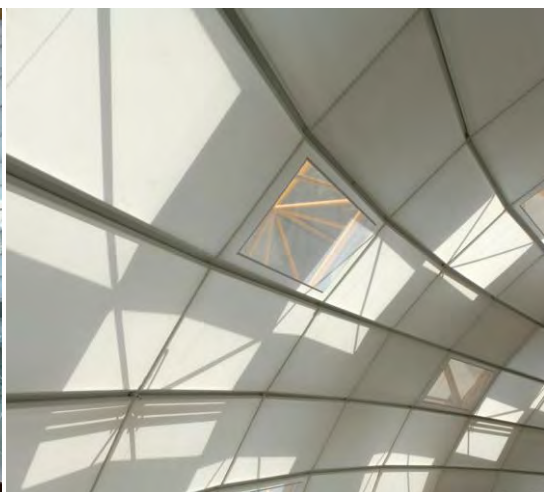


Рис. 7.2. Интерьеры

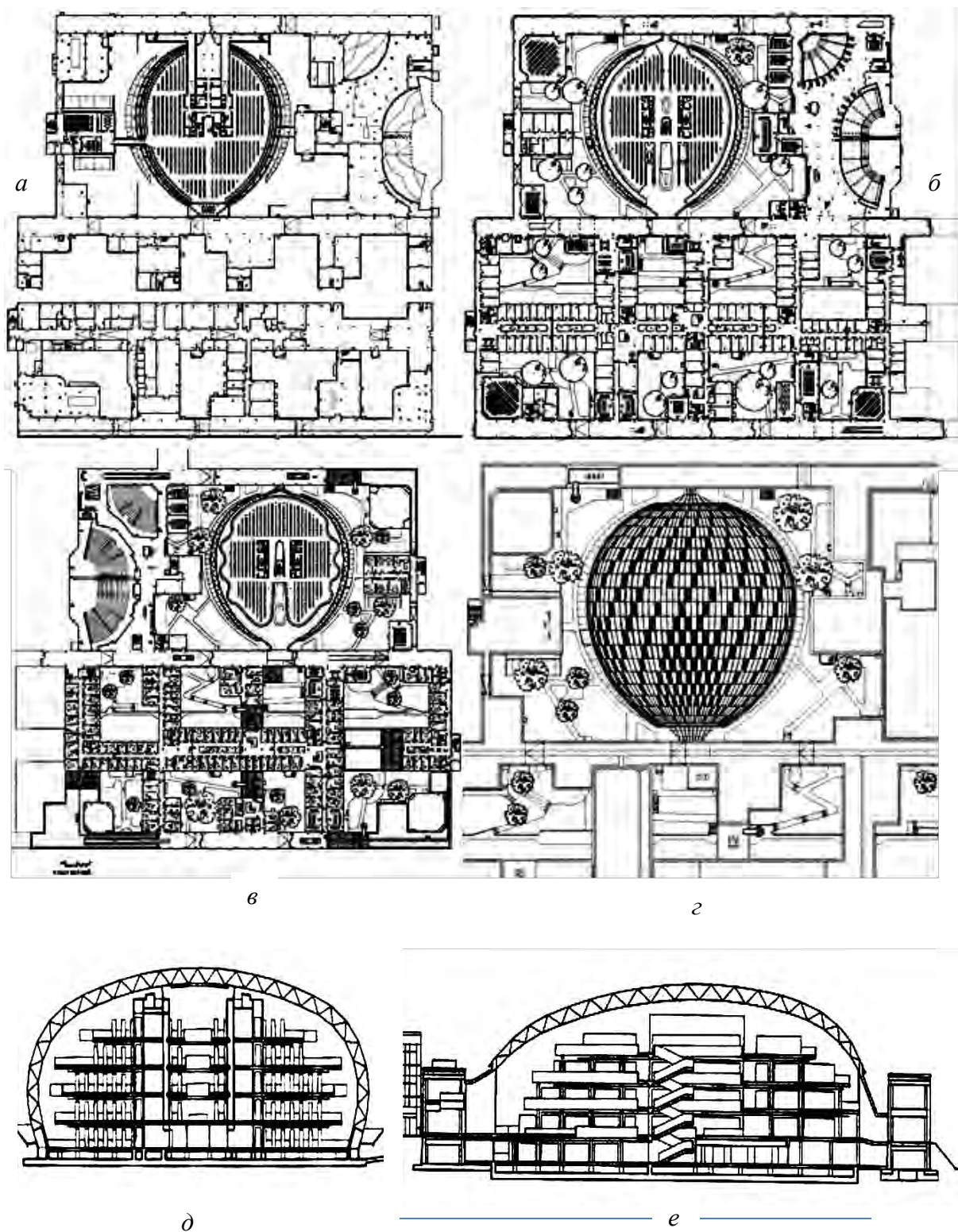


Рис. 7.3: а – первый этаж; б – второй этаж; в – третий этаж; г – генплан; д – поперечный разрез; е – продольный разрез

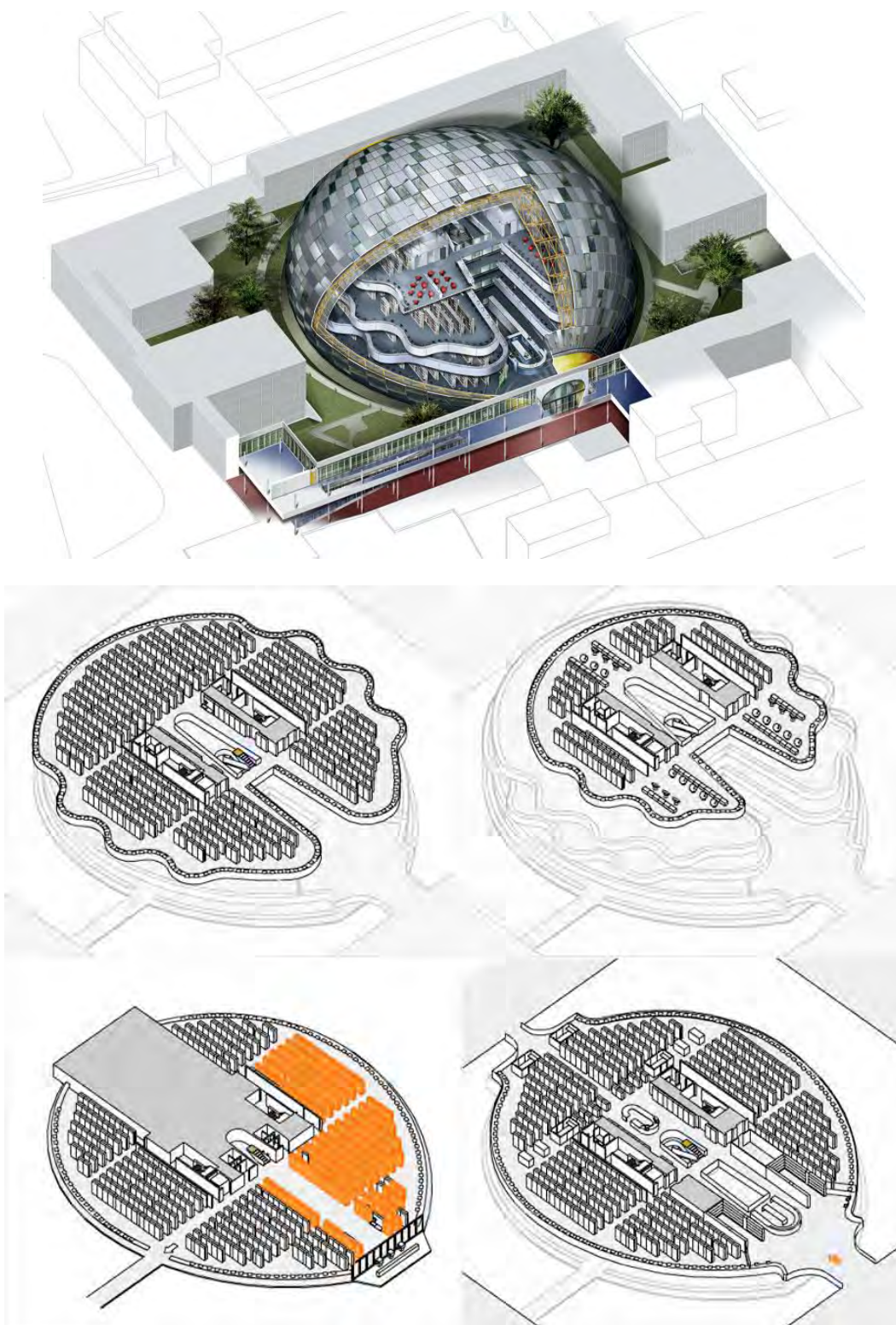


Рис. 7.4. Разрезы (3D)

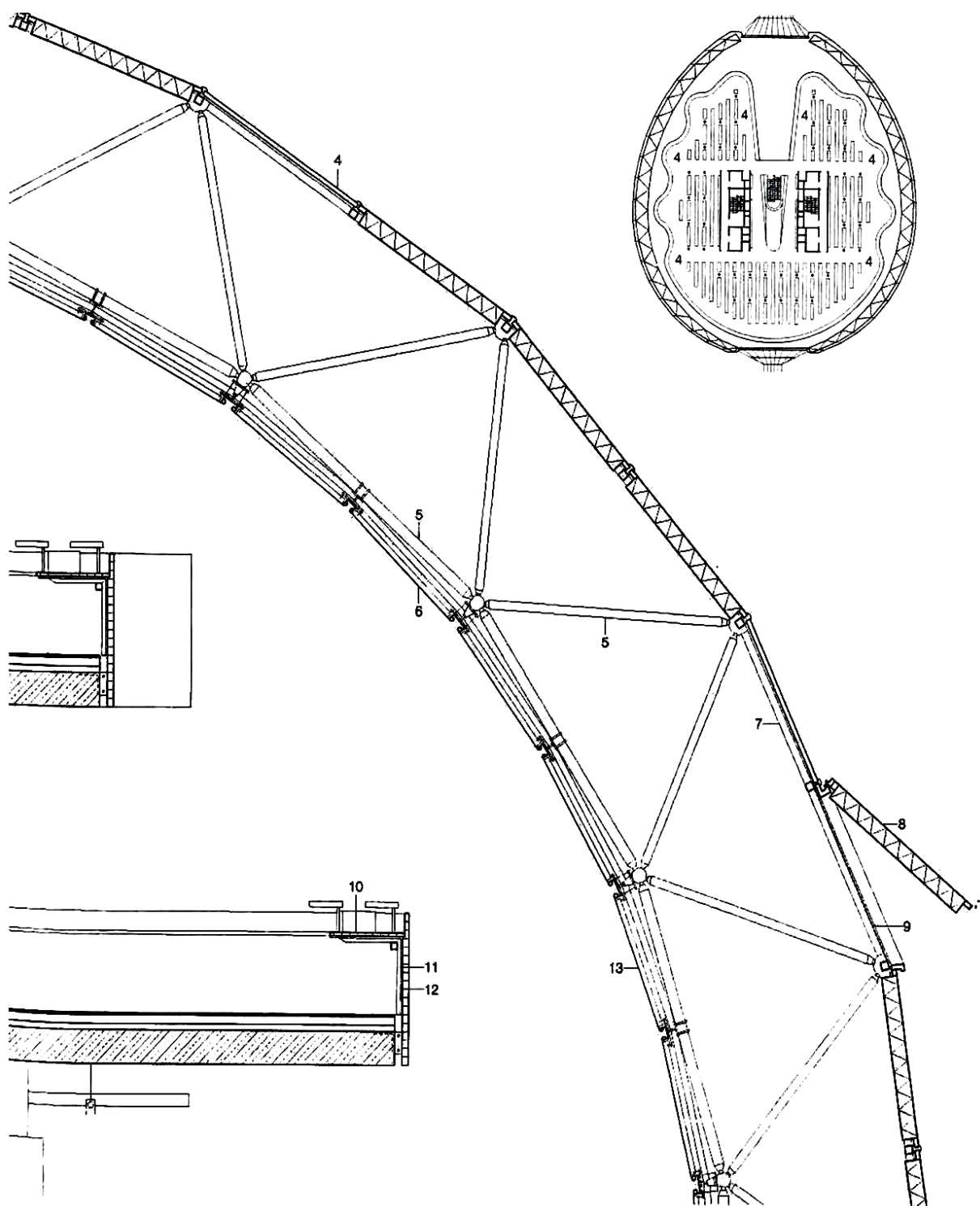


Рис. 7.5. Разрез покрытия

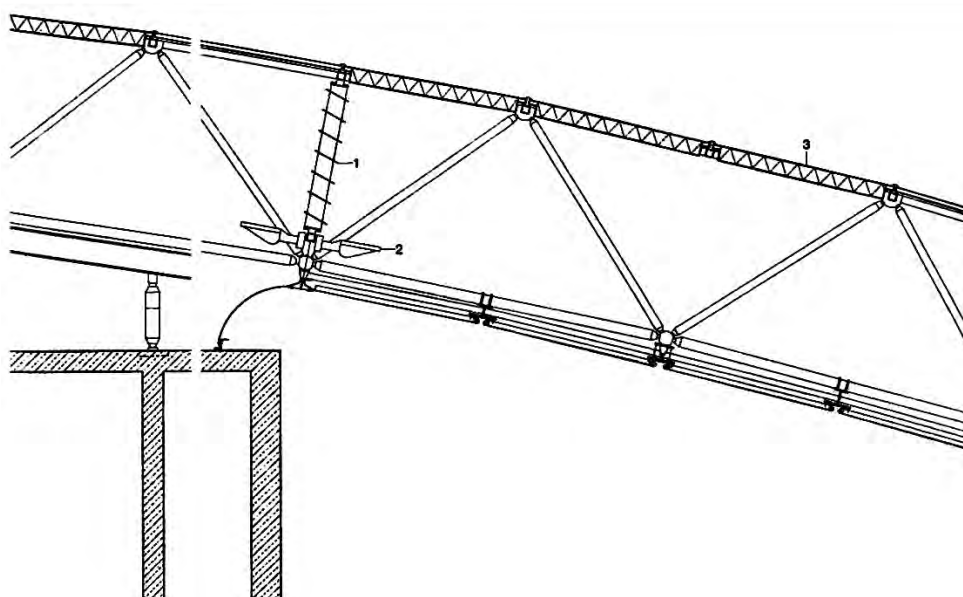


Рис. 7.6: 1 – вентиляционная заслонка, алюминиевый профиль; 2 – потолочный водоспуск; 3 – алюминиевая панель 145 мм, теплоизолированная; 4 – прокатное двойное остекление 40 мм; 5 – пространственный каркас, $d = 89/114$ мм стальная труба; 6 – покрытие – стекловолоконное полотно с силиконовым покрытием; 7 – верхний пояс фермы, 90/90/5 мм стальная SHS; 8 – вентиляционная заслонка, 145 мм алюминиевая панель; 9 – экран от насекомых, сетка из нержавеющей стали; 10 – покрытие стола, 30 мм облицовочная; 11 – поддерживающая консоль, стальной Т 70/70/8 мм; 12 – парапет, ламинированное дерево 32 мм; 13 – окно, покрытие из набивной ETFE-фольги(сополимер ТФЭ с этиленом)

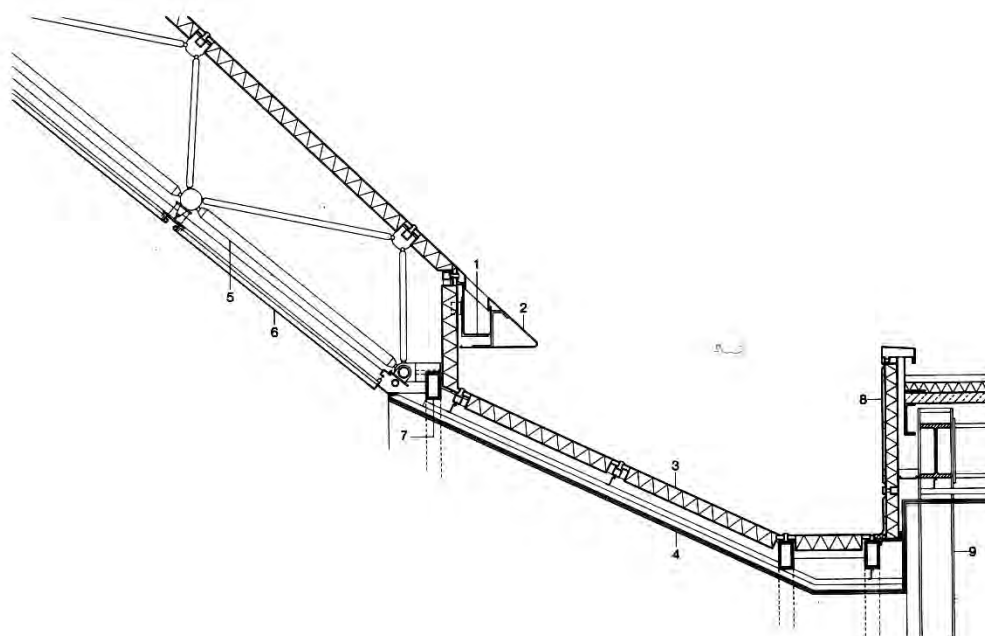


Рис. 7.7: 1 – лоток из нержавеющей стали, 0,4 мм; 2 – лист алюминиевый, с порошковым покрытием; 3 мм, 3 – желтая панель из листового алюминия с теплоизоляцией 145 мм; 4 – обшивка гипсокартоном 2×12,5 мм; 5 – часть пространственного каркаса, $d = 89-114$ мм; 6 – стекловолоконное полотно с силиконовым покрытием; 7 – стальная труба 260/140/16 мм; 8 – строительный лист Bronze 2 мм; 9 – стальная конструкция (её структура)

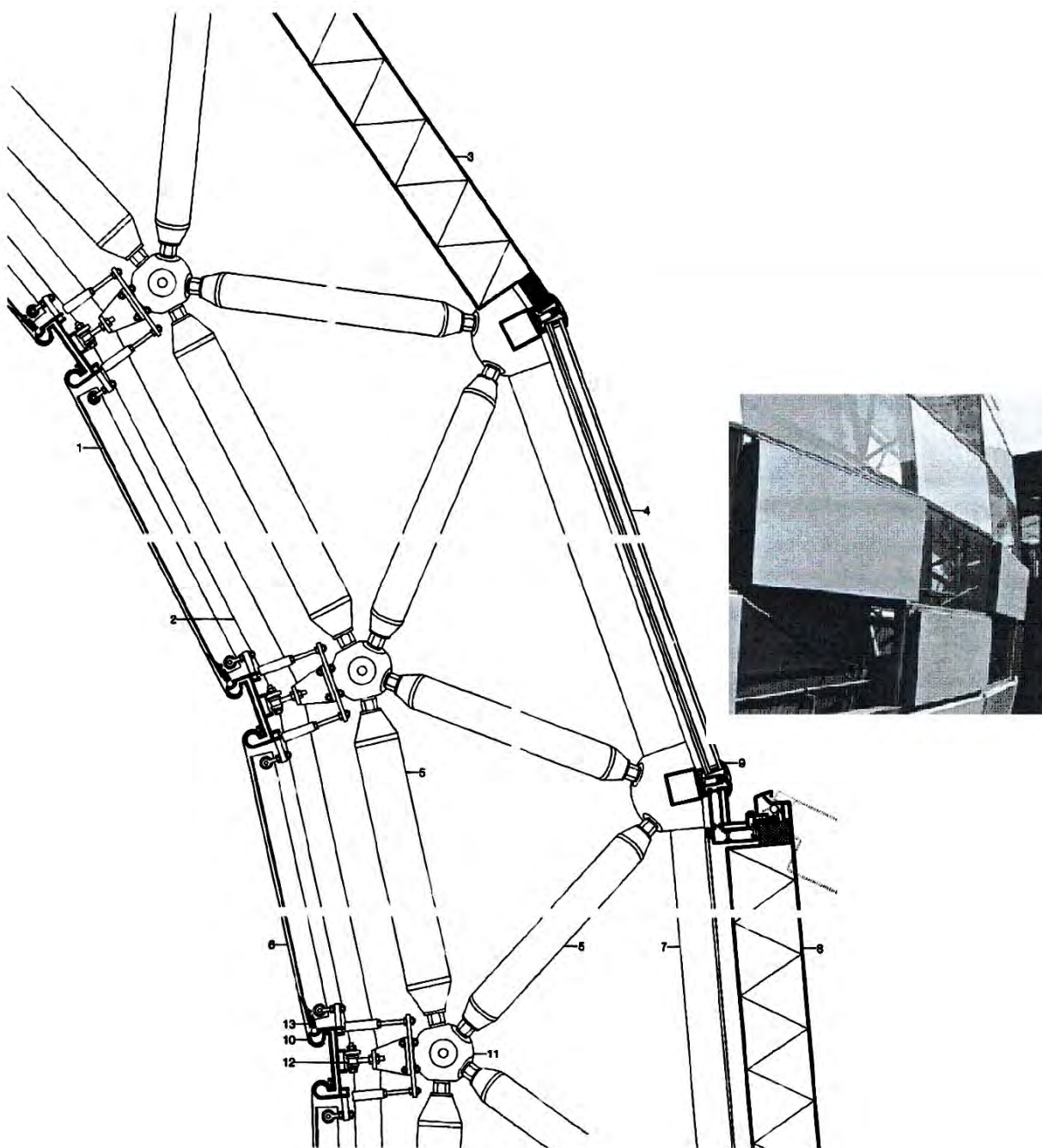


Рис. 7.8. Разрез покрытия с пространственным каркасом из стальных труб: 1 – стальной профиль Т 50/50/5 мм; 2 – труба для отвода воды $d = 60,3$ мм; 3 – алюминиевая панель 145 мм, покрытая спец. порошком, ТИ; 4 – двойное остекление: 8 мм предварительно напряжённое стекло + 18 мм полость + 12 мм ламинированное безопасное стекло; 5 – часть пространственного каркаса, $d = 89,114$ мм; 6 – стекловолоконное полотно с силиконовым покрытием; 7 – верхний пояс фермы, 90\90\5 мм стальная SHS; 8 – вентиляционная заслонка, 145 мм алюминиевая панель, покрыта специальным порошком; 9 – EPDM профиль для фиксации стекла; 10 – алюминиевый профиль с клеейкой полосою; 11 – Мерио узел пространственного каркаса, $d = 132$ мм стальная труба; 12 – стальной каркас, регулируемый с соблюдением подобия; 13 – натянутая пружина для волокна

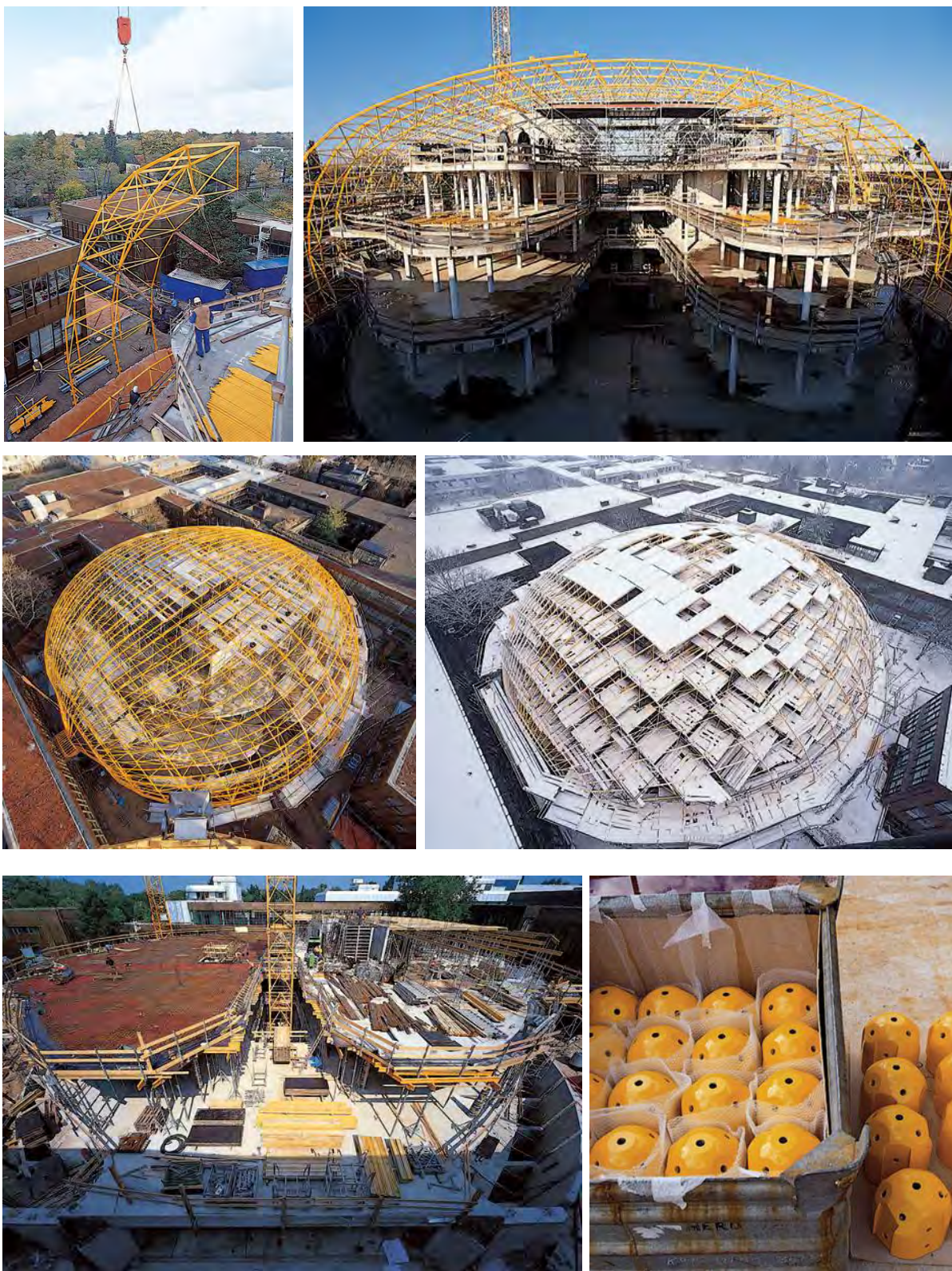


Рис. 7.9. Возведение основных конструкций

8. АЭРОПОРТ МАДРИД – БАРАХАС В МАДРИДЕ

Испанское общество аэропортов и авиации (AENA) в 90-ые г. приняло решение развивать аэропорт Мадрид–Барахас для достижения современного уровня. Для разработки проекта Нового терминала аэропорта AENA организовало международный архитектурный конкурс. В октябре 1997 победу одержали: испанское архитектурное бюро «Estudio Lamela», британское архитектурное бюро «Ричарда Роджерса Партнершипа», испанский Ingenieburo Initec и британские TPS. В тендерной заявке на проектирование нового терминала для «Барахаса» были сформулированы 4 базовых принципа: интеграция в ландшафт, энергосбережение, пространственная понятность и гибкость планировки – и все они успешно реализованы.

Аэропорт включает в себя четыре терминала: в том числе, открытый в 2006 г. Терминал 4 – один из крупнейших в мире по площади (760 тыс. м²). По загруженности, в 2008 г. аэропорт стал 11-м в мире и 4-м в Европе (за этот год было осуществлено 469,7 тыс. взлётов и посадок). Терминал 4 увеличил пропускную способность аэропорта до 70 млн пассажиров в год. Одним из важных нововведений является автоматизированная система багажа обработки, она позволяет обрабатывать около 16,5 тыс. мест багажа в час. Система помещает наклейку на чемоданах, в комплекте со штрих-кодом, и, используя оптический считыватель, перемещает их вдоль цепи автоматических конвейеров, длиной 78 км, до нужных самолетов со скоростью 10 м в секунду.

Настоящий проект состоит из самого терминала, здания – сателлита и вспомогательных служб. Все вместе, они занимают более 1 млн м² полезной площади. Для главного здания была выбрана повторяющаяся структура, состоящая из крупномасштабных модулей, основанных на структурной сетке 18×9 м, которая позволяет расширять здание. Главный терминал и сателлит, с их линейным размещением и четкой организацией пространственной среды, характеризуются рядами узких волнообразных элементов конструкций покрытия, поддерживаемых центральными разветвляющимися колоннами. Кроме выполнения своего прямого назначения, стальные опоры помогают пассажирам ориентироваться в достаточно протяженном пространстве пирса. Для этого каждую опору, внешне напоминающую дерево, окрасили в свой собственный цвет, распределив их по принципу радуги от синего на северном окончании до красного – на южном. В центральной части, таким образом, оказался желтый. Огромные фонари в крыше обеспечивают прекрасное освещение дневным светом зоны отправления на верхнем уровне. Пол разделен на параллельные полосы, которые позволяют выделить различные функциональные зоны терминала, что помогает человеку ориентироваться. Конструкция ограждения с кровлей из листового алюминия – Kalzip – большими выступами затеняет остекленные фасады. В интерьере она обшита тонкими бамбуковыми пластинами, что формирует мягкую, неразрывную

поверхность криволинейного модульного очертания, которая создаёт ритм внутреннего пространства для пассажиров (рис. 8.1–8.3).

Несущая нагрузка структура сооружения включает в себя три различные системы: монолитную, массивную бетонную конструкцию этажей ниже отметки земли; бетонную конструкцию трёх этажей выше отметки земли, состоящую из колонн, предварительно напряженных балок и плит перекрытий; и стальные конструкции. В осуществлении этого амбициозного футуристического проекта были использованы – 38 тыс. т толстолистовой стали и 4 тыс. т структурных полых профилей, изготовленных ArcelorMittal. Система предварительно напряженных тросов для остекления длинного фасада связывает между собой покрытие и бетонные конструкции, тем самым увеличивая общую устойчивость здания. Профиль крыши в виде крыла чайки разработан с учетом распределения напряжения, создавая увеличение сечений в местах с наиболее сильным напряжением. Основные балки изогнутого профиля, расположенные с 9-метровым шагом, последовательно уменьшаются в сечении: они имеют сечение высотой 1,5 м в центральной части каждого пролета и сужаются до 1,1 м над «каньонами» у световых фонарей и до 0,75 м у наружных опорных колонн.

Между этими балками с шагом 3,5 м располагаются вспомогательные балки криволинейного, арочного, симметричного очертания, которые в свою очередь несут прогоны и ограждение покрытия. Стальная первичная арочная конструкция с динамично изменяемым профилем из сварного двутавра была выбрана в связи с тем, что обладает преимуществом как производства, так и возведения здания.

Основными опорами покрытия служат спаренные поэлементные структуры из V-образных конических стоек, расположенные с шагом (в пролётах) 18 м вдоль продольной оси каждого здания. Болтовое соединение с железобетонными основаниями обеспечивает полную устойчивость, и в то же время позволяет колоннам работать в качестве вертикальных консолей, обеспечивая восприятие горизонтальных нагрузок. Внешняя краевая зона покрытия поддерживается наклонными колоннами, расположенными с шагом 9 м в пролётах 18 м. Они состоят из двух овальных деталей пустотелого профиля, которые расходятся в форме буквы Y. Линейная форма здания предполагает, что дизайн поддерживающих конструкций для остекленного фасада должен подчеркивать основную композиционную горизонталь с незначительными вертикальными членениями.

Единственными вертикальными элементами являются ванты, натянутые между основными балками и плитой перекрытия первого этажа. Каждая ванта предварительно напряжена силой в 45 т, чтобы воспринимать усилия стержнями из нержавеющей стали при ветровых нагрузках на фасад. Остекление фасада так же поддерживается горизонтальными 9-метровыми ригелями, расположенными между вантовыми вертикальными фермами – «лососями» (рыбками).

По замыслу Ричарда Роджерса, свет должен был проникать через большие круглые отверстия, «световые люки», в волнообразной крыше, но оказалось, что при этом возникает резкий контраст. Для решения этой проблемы дизайнеры частично ограничили поток света, проходящий через люки. Для этого они разработали специальные светозащитные экраны, которыми закрыли проемы световых люков. Экраны выглядят как большие обручи, обтянутые белой полупрозрачной тканью, а ткань представляет собой особый синтетический материал, который фильтрует и рассеивает солнечный свет. Эти же светозащитные экраны используются и в системе искусственного освещения. Они «работают» отражателями для мощных металлогалогеновых светильников, подвешенных под ними. Кроме того, под светозащитными экранами дополнительно поместили специальные зеркала, отражаясь от которых свет равномерно заливает пространство внизу. Таким образом, в этом световом решении удалось решить сразу две задачи – осуществить архитектурную художественную подсветку, которая продолжает концепцию «естественного света», и создать комфортное, спокойное освещение, необходимое в вечернее время.

Первичный модульный, повторяющийся объёмный блок несущей системы покрытия образуют иррегулярные арки с резко изменяющимся профилем (два крыла чайки) с шагом 9 м и опирающиеся на них второстепенные балки арочного очертания. Блок несущих конструкций покрытия komponуется на двух пролётах, на трёх продольных рядах наклонных колонн, формируя композитный единый блок с организацией кровельной оболочки двойной кривизны, состоящей из двух симметричных половин на два пролёта зеркального отображения, с размерами в плане около 27 м (9 м×3 шага) × 74 м (37 м×2 пролёта). Блок опирается на 8 пар стальных составных частей колонн (ветвей дерева), на 16 опорных точек в верхнем уровне покрытия и на 6 железобетонных оснований колонн на нижних уровнях пола, расположенных с шагом 18 м в осях в продольном направлении. Таким образом, композитный блок опирается на две спаренные в поперечном направлении сетки колонн с размерами (18×27 м) × 2 (рис. 8.4–8.14).

Монтаж покрытия вёлся укрупнёнными блоками шириной 9 м, состоящими из пары изогнутых несущих главных (*primary*) балок двутаврового сечения и объединяющих их второстепенных (*secondary*) балок.



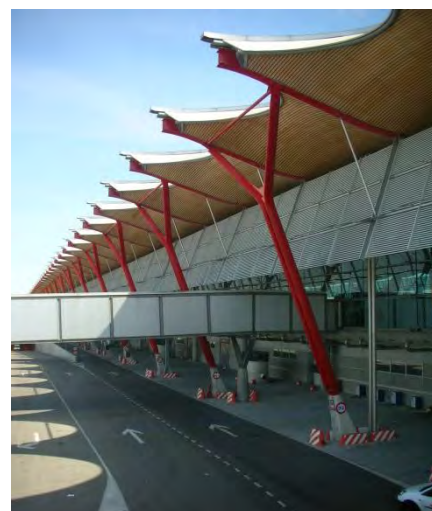


Рис. 8.1. Общий вид с разных ракурсов

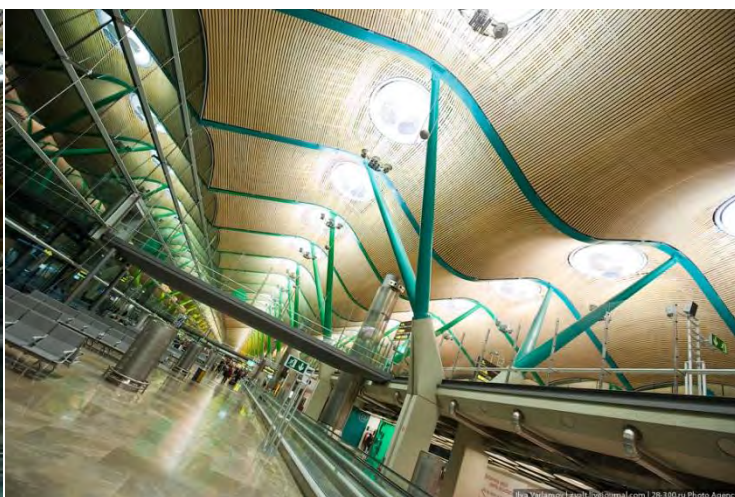
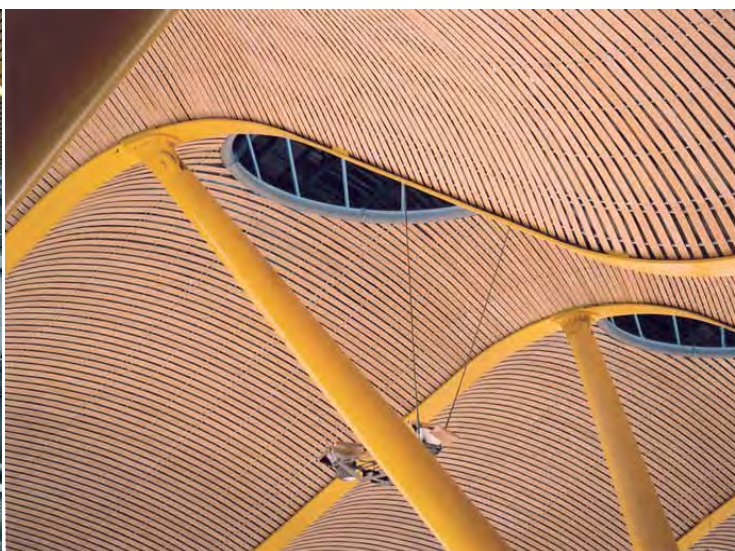
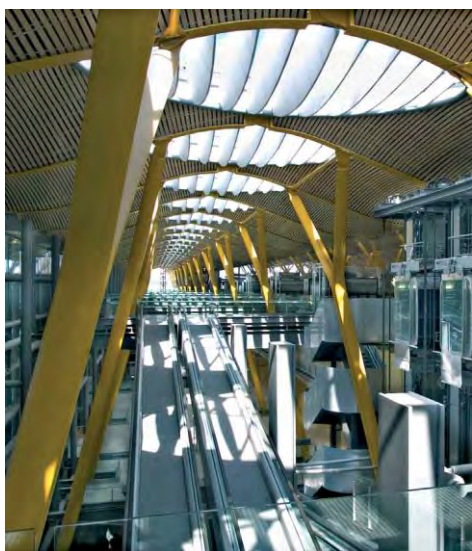


Рис. 8.2. Интерьеры

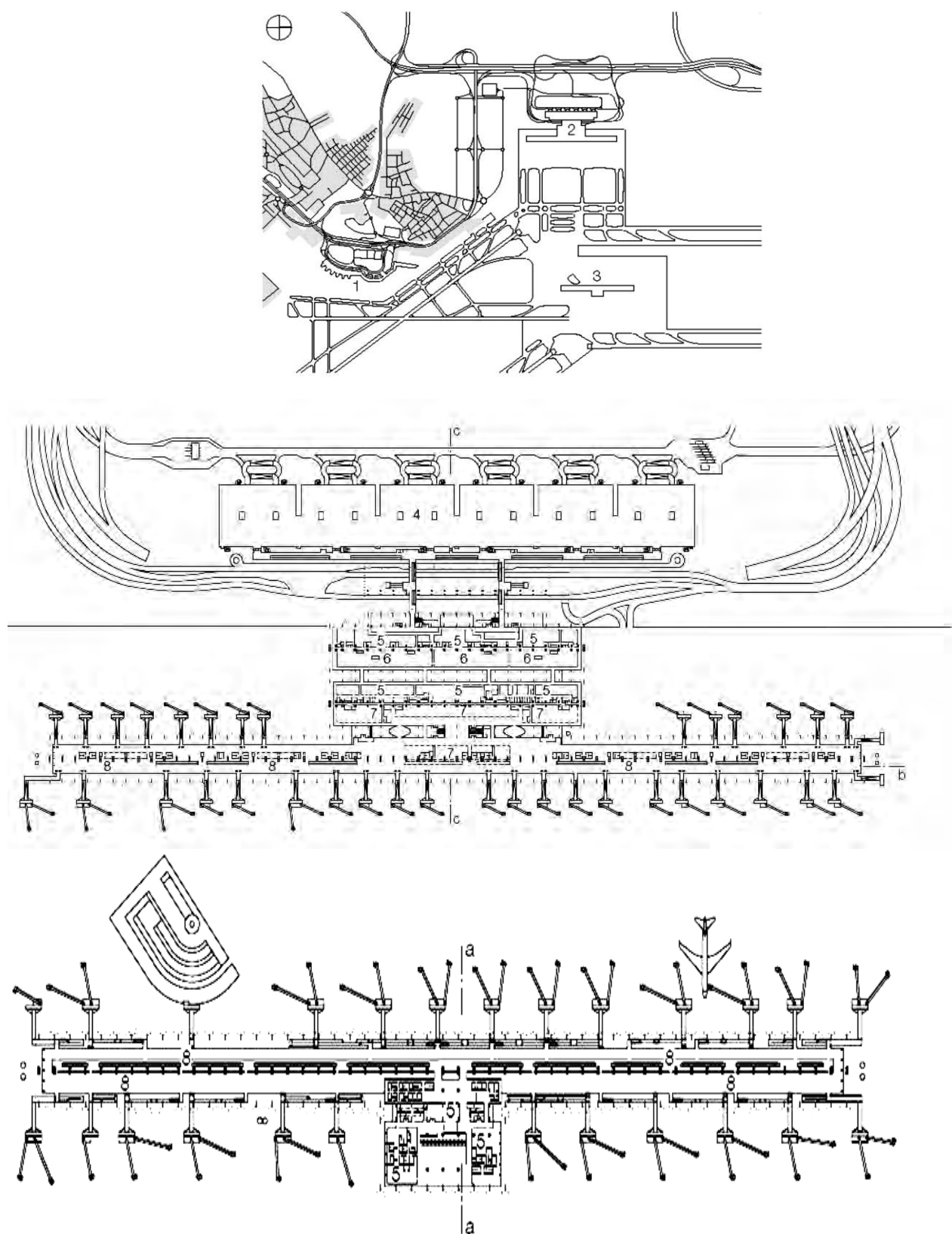


Рис. 8.3: *a* – генеральный план: 1 – старый терминал; 2 – новый терминал; 3 – вспомогательные здания; 4 – парковка; 5 – сервис аэропорта; 6 – автоматическая проверка багажа; 7 – магазины; 8 – зона посадки/приземления; *б* – план здания терминала (1-ый этаж); *в* – план здания – спутника (сателлита) (2-ой этаж)

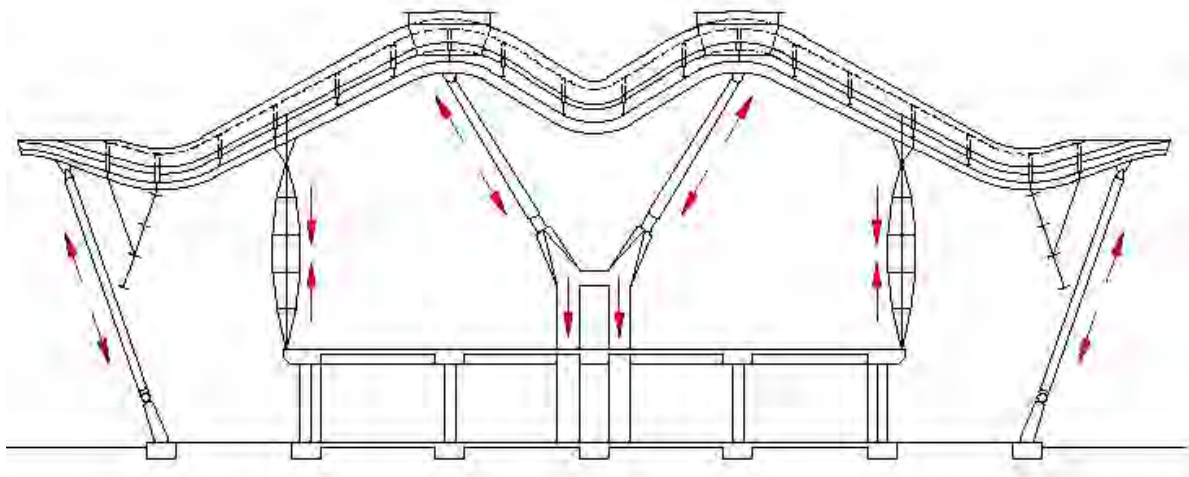


Рис. 8.4. Диаграмма распределения напряжения

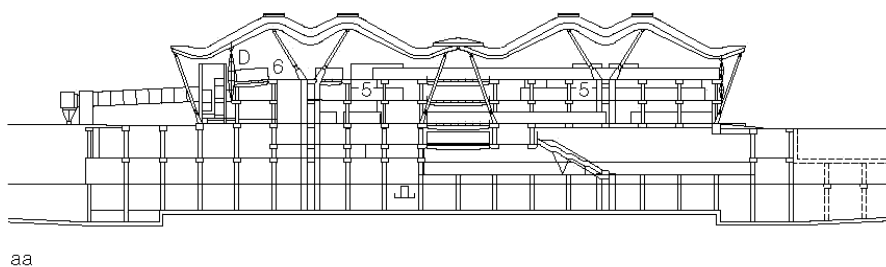


Рис. 8.5. Поперечный разрез вспомогательного здания

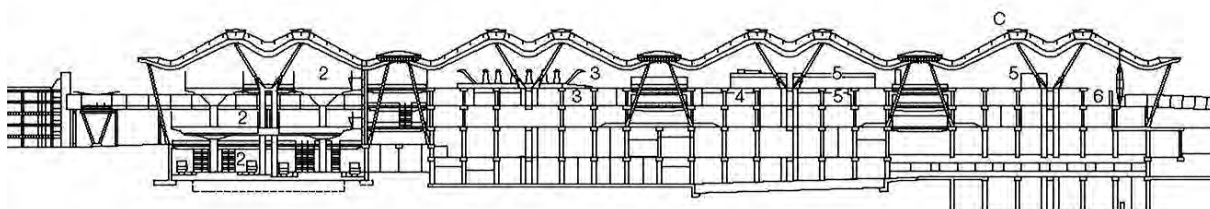


Рис. 8.6. Поперечный разрез главного терминала

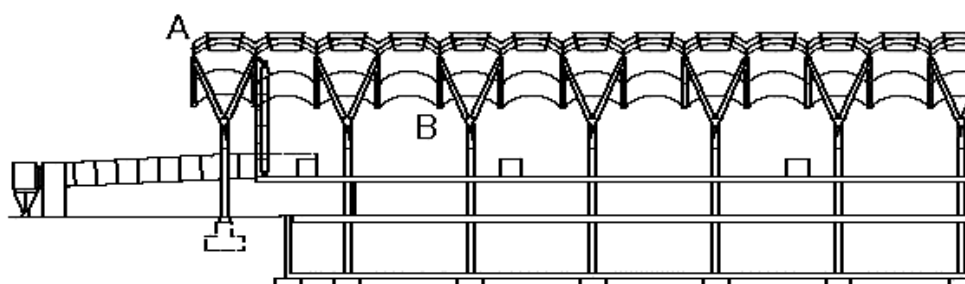


Рис. 8.7. Продольный разрез главного терминала:
 1 – парковка; 2 – транспорт аэропорта; 3 – автоматическая камера регистрации багажа;
 4 – зона регистрации; 5 – магазины; 6 – посадочная зона

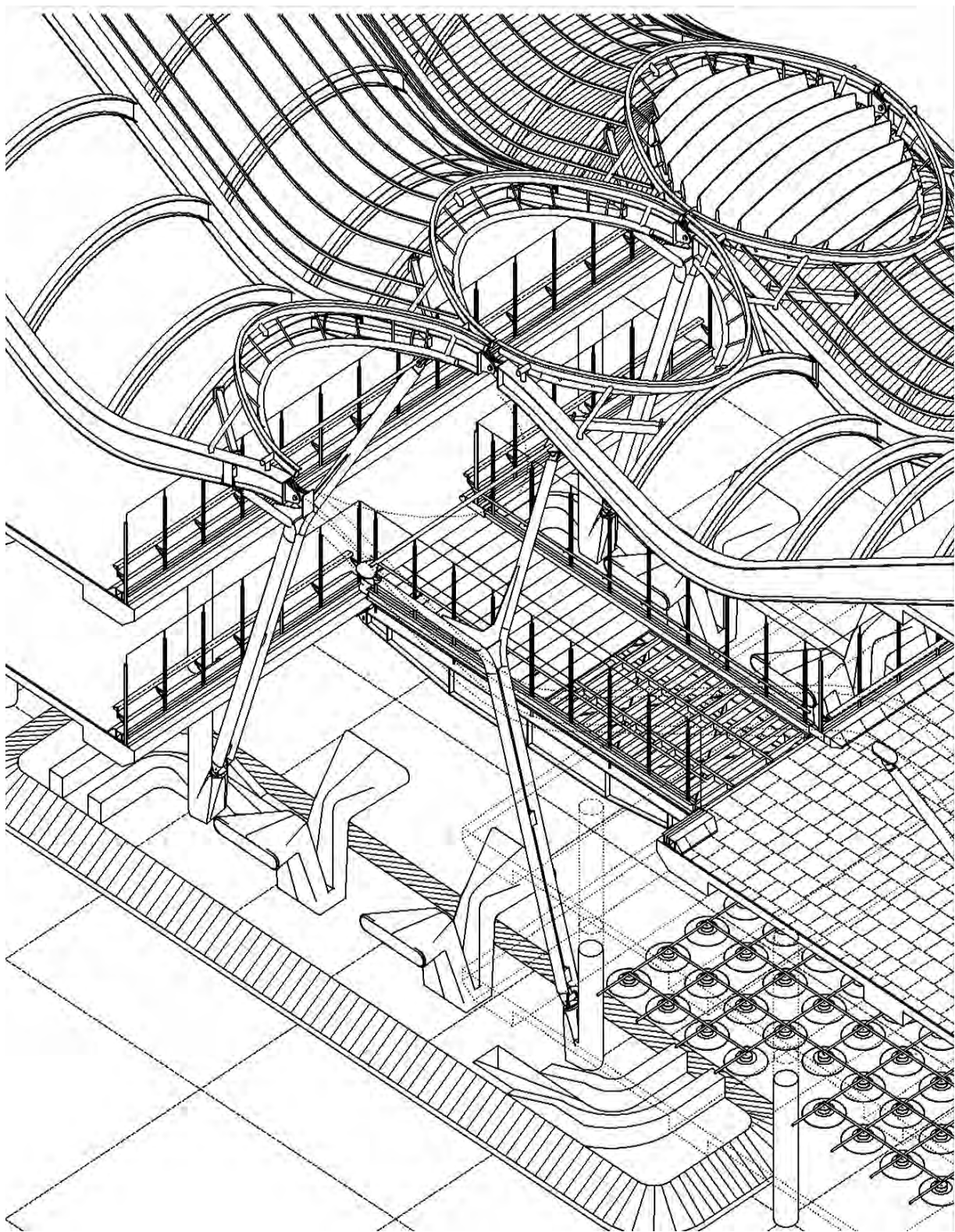
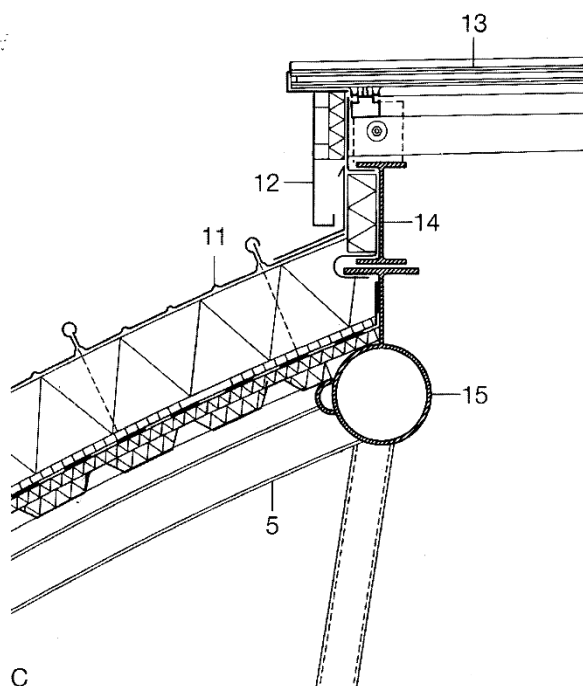
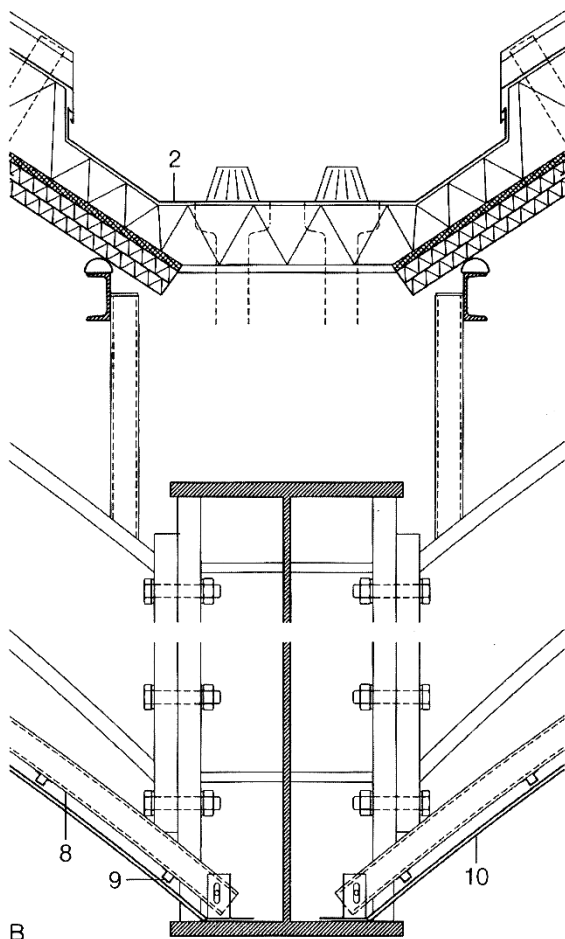
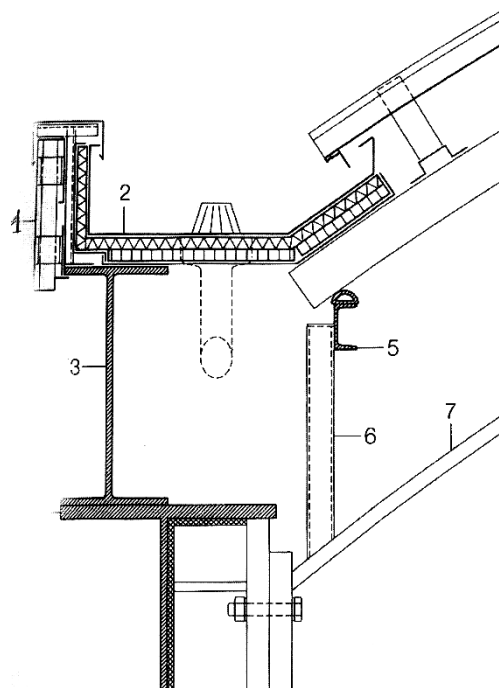


Рис. 8.8. Изометрия



С

Рис. 8.9: 1 – листовой алюминий 0,9 мм; 2 – желоб из лист. алюминия 3 мм; 3 – стальной профиль двутаврового сечения 260/520 мм; 4 – главная балка, сварная сталь: 500/30 мм полка, 690-1440/15 мм стенка балки; 5 – стальной швеллер 100 мм; 6 – стальная труба 60/60/4; 7 – вспомогательная стальная балка двутаврового сечения толщиной 500 мм; 8 – стальная труба 60/40/4; 9 – рейка из оцинкованной стали 12/20/20/1; 10 – бамбуковые рейки 100/5; 11 – элемент покрытия 65/400, плакированный, из листового алюминия 0,9 мм, закрепленный скобами; минеральная вата 175 мм; ДСП 16 мм; пароизоляция; нащельная рейка из оцинкованной стали 1,5 мм; слой минеральной ваты 30 мм; защитное покрытие из перфорированного гофрированного алюминия (35/200) с минеральной ватой; 12 – листовой алюминий 1,4 мм изогнутый по форме; 13 – солнцезащитное остекление: закалённое стекло 12 мм, воздушная прослойка 12 мм, безопасномногослойное (ламинированное) стекло; 14 – стальная балка двутаврового сечения толщиной 200 мм; 15 – стальная труба, диаметр 200 мм, толщина 8 мм

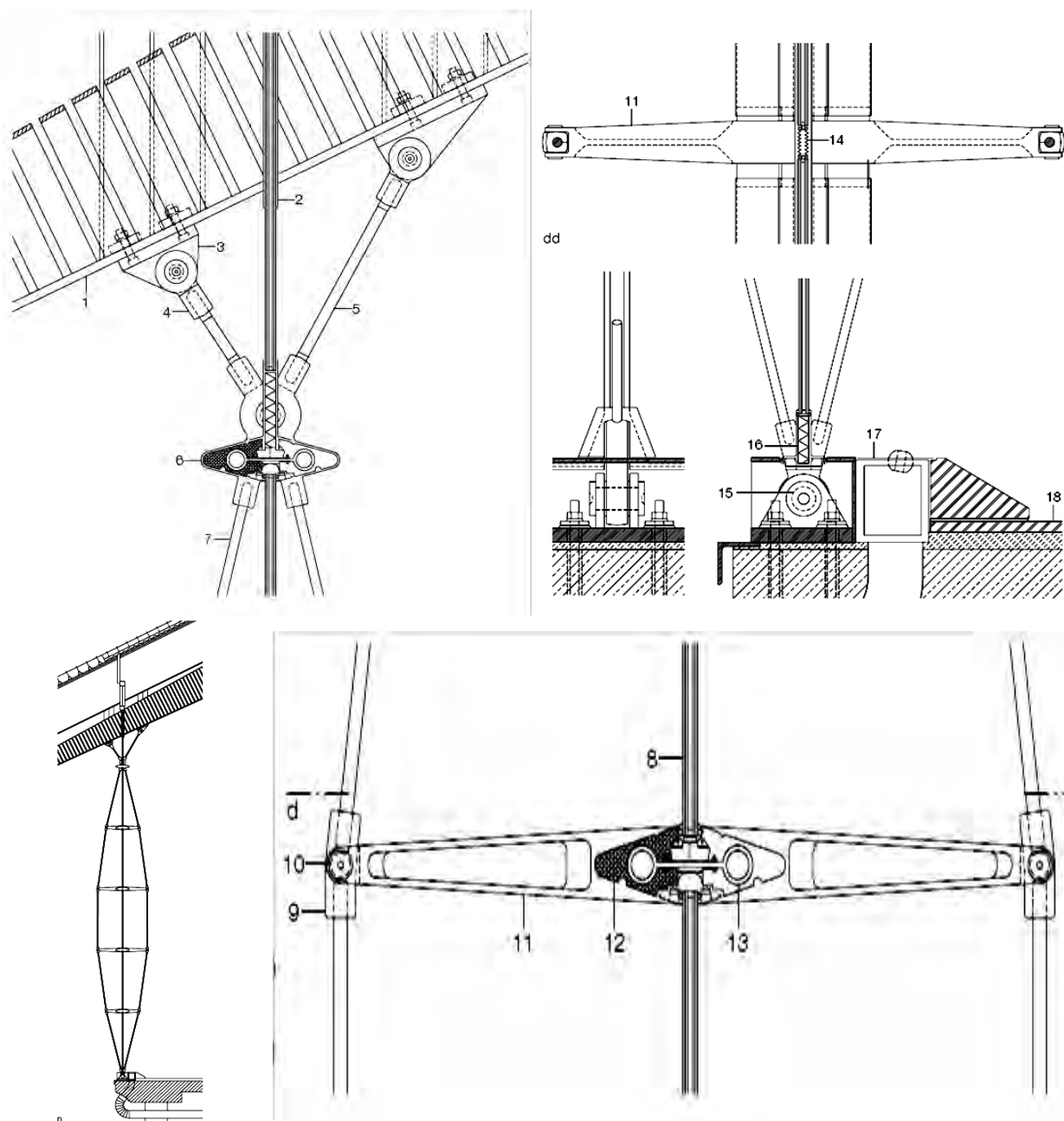


Рис. 8.10. Узел D: 1 – главная стальная балка 500/30; 2 – профиль из нержавеющей стали; 3 – накладка из стали 45мм; 4 – раздвоенная головка из нерж. стали; 5 – трос из нерж. стали диаметр 38 мм; 6 – профиль из анодированного алюминия; 7 – трос из нерж. стали диаметр 33 мм; 8 – солнцезащитное остекление: закалённое стекло 12 мм, воздушная прослойка 12 мм, безопасное многослойное (ламинированное) стекло; 9 – перекрестное соединение из полированной нержавеющей стали; 10 – фиксирующий диск из полированной стали; 11 – предварительно напряженный литой стержень из полированной нержавеющей стали; 12 – пенополиуретановый наполнитель; 13 – стальная труба со стальным листом 76 мм; 14 – элемент из неопрена; 15 – болт из нержавеющей стали диаметром 80 мм; 16 – оболочка из естественно-анодированного алюминия; 17 – крышка из естественно-анодированного алюминия для вентиляции воздушной прослойки; 18 – каменная отсыпка 30 мм

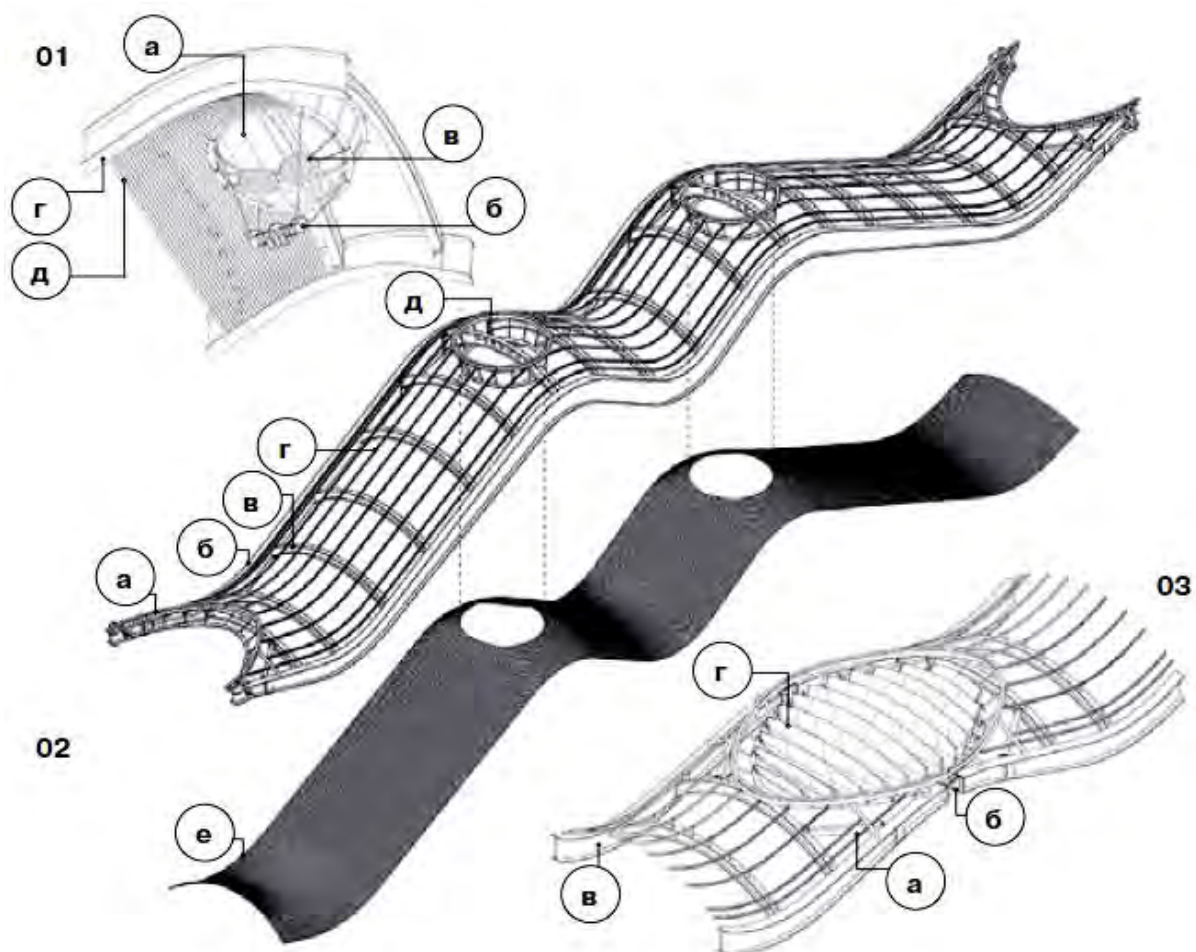


Рис. 8.11: 1 – конструкция круглогофонаря: *а* – алюминиевые светорассеиватели; *б* – прожекторы; *в* – рефлекторы; *г* – основная направляющая; *д* – бамбуковая отделка; 2 – схема конструкции крыши: *а* – обод овального фонаря; *б* – основная направляющая; *в* – служебная направляющая; *г* – обрешетка; *д* – обод круглого фонаря; *е* – подшивка бамбуком; 3 – конструкция овального фонаря: *а* – стяжка; *б* – место крепления основных направляющих; *в* – основная направляющая; *г* – алюминиевые светорассеиватели

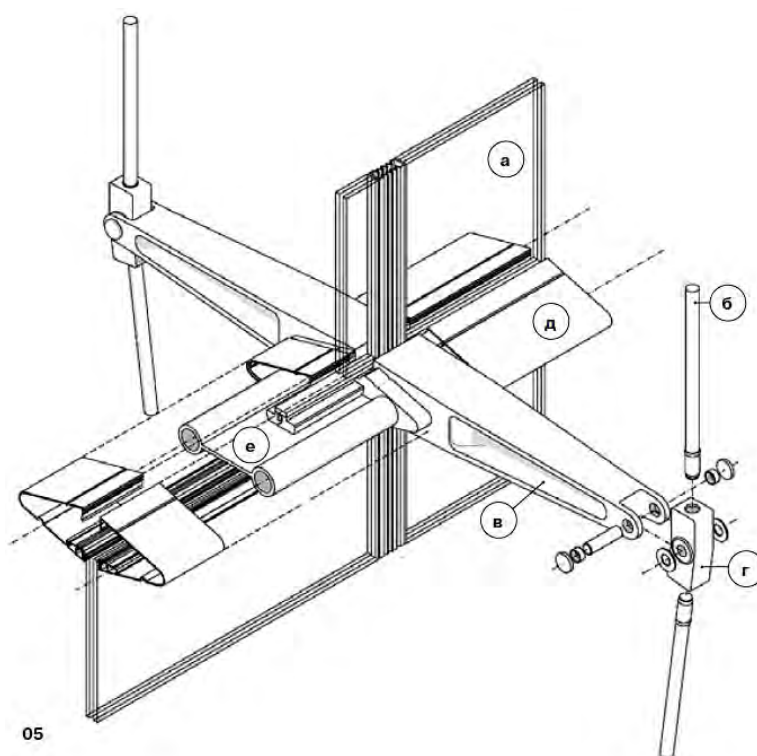


Рис. 8.12. Узел крепления стекла в несущей конструкции фасада: *а* – двойной стеклопакет; *б* – металлический трос ($d=33$ мм); *в* – горизонтальный распор; *г* – анодированный соединительный элемент; *д* – алюминиевый накладной элемент; *е* – горизонтальная подконструкция ($d=76$ мм)

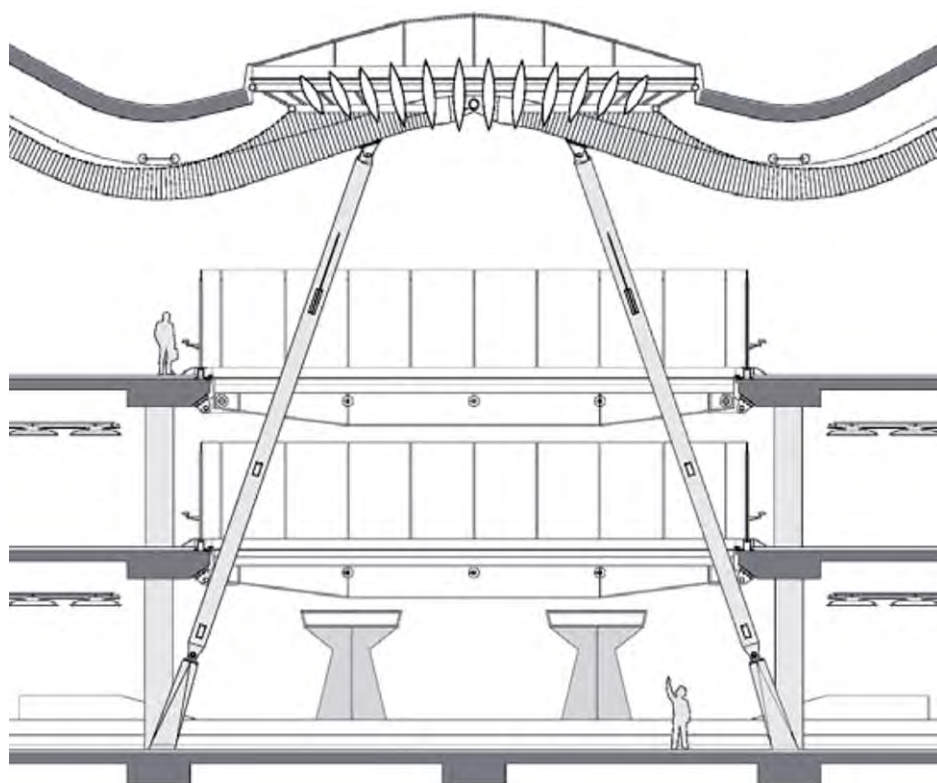


Рис. 8.13. Разрез по световому каньону

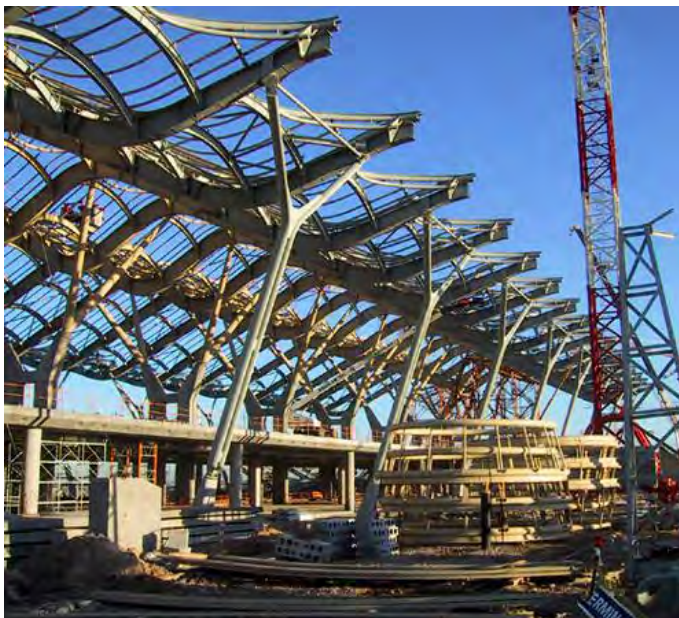
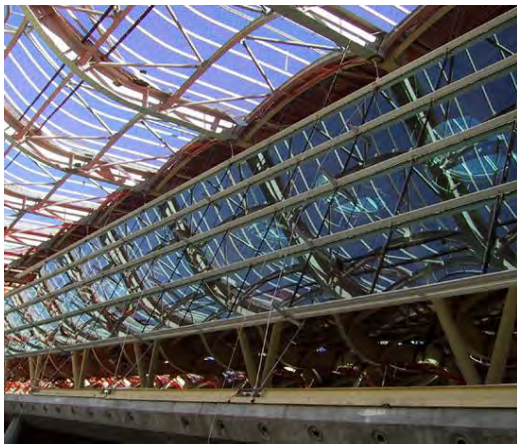


Рис. 8.14. Возведение основных конструкций

9. ШТАБ – КВАРТИРА КОМПАНИИ SWISS RE В ЛОНДОНЕ

Штаб-квартира швейцарского страхового гиганта Swiss Re company или башня Мэри – Экс, 30 в Лондонском Сити (Swiss Re Headquarters – штаб – квартира, главное управление) была введена в строй в конце 2003 г., породив ряд природных метафор: «сосновая шишка», «ананас» ... Официальное название «огурца» вполне прозаично – штаб-квартира компании Swiss Re или башня Мэри – Экс, 30.

Башня расположена в средневековой улочке Лондона и стала первым новым строением за четверть века в этом историческом квартале. Башня высотой 180 м (179,8 м – до верха купола), 40 – этажная, целиком остеклённая, в форме сигары – она расширяется к середине и сужается вверху. Её форма продиктована спецификой участка площадью 0,57 га в сердце старого Лондона, среди плотной исторической застройки (рис. 9.1–9.3).

Для снижения ветровой нагрузки была разработана аэродинамическая форма. Она также способствует использованию эффекта дифференциации давления для обеспечения естественной вентиляции.

По форме 40-этажное здание представляет из себя сфероид, образуемый вращением эллипса вокруг малой оси, (или растянутую, вытянутую, продолговатую по вертикали сферу), периметральную суперструктуру, не считая трёхуровневой верхушки, возведённую методом «дайGRID» (от англ. «diagrid») – диагонально – сетчатой оболочки (решётки), образованную по окружностям из двухэтажных А-образных стальных рам, скреплённых болтовыми соединениями вместе и покрытой светопрозрачными облицовочными панелями.

В основании сечение башни составляет 49 м, затем до уровня 17 этажа расширяется до 57 м и к 39 этажу постепенно сужается до 26 м. В этом 40-этажном небоскрёбе 33 этажа занято под офисы. Остальные этажи заняты под помещения для специальных мероприятий. Применялись сталебетонные перекрытия по стальным балкам с верхним железобетонным слоем по профнастилу как несъёмной опалубке, на который укладывается конструкция пола высотой 150 мм. Расстояния от плоскости фасада до центрального ствола башни варьируется от 6 – в верхнем уровне до 13,5 м. Постоянный диаметр окружности ядра (ствола) внутренних колонн приблизительно равен 17 м.

Средняя высота этажа офисов – 4,15 м, помещений до уровня подвесного потолка – 2,75 м. Площадь офисных помещений – 46,45 тыс. м².

Верх башни покрыт сварной стальной сферической структурой оболочкой. Верхние три этажа – сфера диаметром 30,5 м в основании, высотой 22,5 м, где расположены ресторан, бар, залы питания. Сфера покрыта треугольными двойного остекления панелями: 10 мм – закалённое стекло, 16 мм – полость с аргоном, 12,76 мм – ламинированное стекло, а её верхушка – линзой Ø = 2,42 м с солнечным контролем и low-E покрытием, с двумя слоями ламинированного гнутого стекла: 2×12,76

мм (6 мм флоат стекло +0,76 PVB слой + 6 мм флоат стекло), с 16 мм полостью с аргоном. Самонесущая система сферы с трапецевидным (250×110×60–90 мм) диагональным и вертикальным профилем и треугольным (250×110 мм равносторонним) горизонтальным профилем опирается по кругу на верхние элементы А-образных стальных рам. Применялись алюминиевые насадки с полимерным – полиэстерным порошковым покрытием и натуральным серебряным анодированием. Её верхушка покрыта стеклянной «линзой» в форме полусферы, это единственный компонент остекления из гнутого стекла: на основной конструкции к раме крепится только плоское, листовое.

Круглая форма плана основана на двух concentрических окружностях несущих колонн – типичное решение для высоких зданий круглого сечения. В целом, вертикальные нагрузки передаются на внешний и внутренний диаметры. Горизонтальные нагрузки воспринимаются трубчатой структурой по периметру здания, таким образом, вся внешняя оболочка является несущей: вся целиком «скорлупа» наружной ограждающей оболочки получила функцию несущей конструкции. В общем, внешний каркас состоит из серии колонн с А-образной структурой, которые формируются двумя пересекающимися трубчатыми колоннами с жёсткой связью в виде горизонтальной перемычки.

Диагональная решетка Swiss Re здания формируется из многократно повторяющихся серийных модульных элементов – двухуровневых А-образных рам. Рамы состоят из двух трубчатых стальных элементов размером 508 мм в диаметре с толщиной стенки 32–40 мм, на 36–38 этажах – 273 мм и $\delta = 12,5$ мм, затяжки сечением 250×250 мм SNS и стального узлового элемента. Жёсткий диск сталебетонных перекрытий, состоящий из радиальных, прокатных стальных балок и композитной верхней части из монолитного бетона и профнастила, как несъёмной опалубки, опирается на опорные пояса и узлы внешней диагонально – решетчатой системы и внутреннее ядро, образуя связанную, устойчивую округлую горизонтальную структуру.

Трактовка дизайна системы остекления профессионально интегрировалась в пространственную геометрию несущего диагонально-сетчатого каркаса из стальных труб на основе прорисовки цельных плоскостей из оконных рам высотой на этаж трапецевидного и треугольного контурных очертаний.

Эта система позволила дифференциацию поэтажных окружностей приспособить к простым модульным формам и линейным размерам. Ширина панели варьируется от 1,5 до 2,5 м при её отклонениях на 5° по ширине и 10° по высоте. Предварительно изготовленные панельные элементы остекления обрамлялись термически разделёнными алюминиевыми профилями, с порошковым полиэстерным напылением. При ограждении этажей высотой 4,15 м эти элементы незначительно отличались в длину, так как углы наклона фасада различны. Панели навешивались в верхней

части, закреплялись в основании и соединялись друг с другом с возможностью их перемещения от температурных деформаций.

Были применены свайные фундаменты в количестве 333 штуки, диаметром 750 мм, высотой 26–30 м с суммарной условной общей длиной, составляющей 9 км.

Максимальные проектные нагрузки колонн по периметру равны 15,460 КН, колонн внутреннего ядра – 33,266 КН.

Внешний слой двухслойного фасада состоит из двойного остекления с внешним слоем из ударопрочного стекла толщиной 10 мм и внутренним слоем ламинированного безосколочного стекла (5+5 мм) с электролитическим покрытием. Внутренняя часть фасада состоит из прямоугольных элементов из ламинированного безосколочного стекла (5+5 мм), и из раздвигающихся оконных створок для того, чтобы их было удобно мыть. В межоконном пространстве, шириной 1–1,5 м, расположены диагональные несущие конструкции и перфорированные жалюзи. Шесть треугольных сегментов, ширина которых соответствует приблизительно 20° окружности, как бы вырезаны из окружности внутреннего фасада. В результате поворота плана этажа от этажа к этажу, вырезанные сегменты создают спиральные пустоты, которые простираются на шесть этажей. Эти световые колодцы глубиной 10,5 м обеспечивают естественную вентиляцию рабочего пространства и позволяют дневному свету проникать в глубину здания.

Элементы фасада, прилегающие к световым колодцам, прикреплены через этаж к трубовидным поперечным частям стальных А-образных рам и к горизонтальным многоугольным стальным трубам (200 × 200 мм) на этажах между.

Затемненные части двойного остекления состоят из внешнего слоя серого тонированного ударопрочного стекла 10 мм толщиной с покрытием, имеющим высокие эксплуатационные характеристики, и из внутреннего слоя ламинированного безосколочного стекла (5 + 5 мм). С одной стороны, офисы отделены от световых колодцев перегородками. С другой стороны, к ним прилегают внутренние балконы (рис. 9.4–9.9).

В целях естественной вентиляции световых колодцев и, прилегающих к ним, офисных пространств, треугольные окна могут открываться на каждом этаже с помощью центрально-управляемой электрической системы. Система естественной вентиляции с помощью световых колодцев уменьшает потребность в использовании кондиционера в офисах на 40 %

в год. Механическая вентиляция также установлена в офисах, она позволяет 6–8 раз в час полностью заменить воздух в помещениях, в зависимости от их назначения.

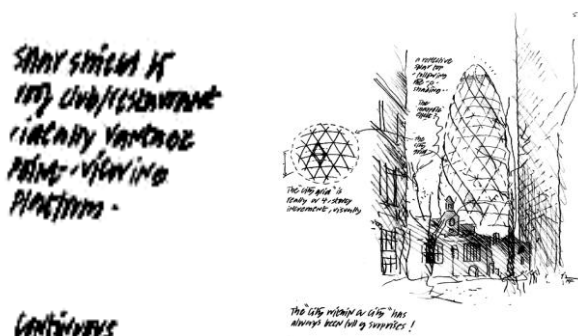




Рис. 9.1. Общий вид с разных ракурсов

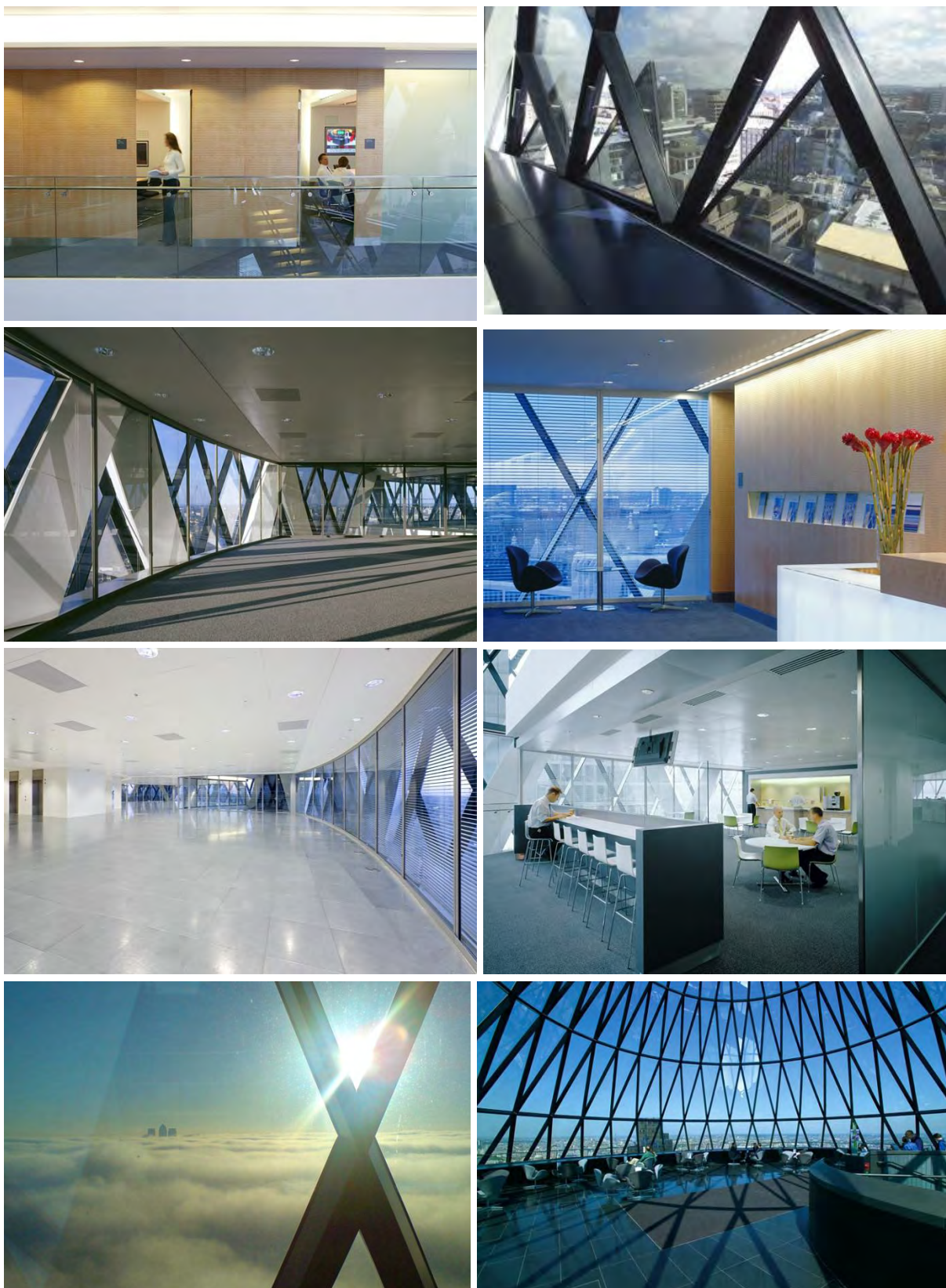


Рис. 9.2. Интерьеры

Здание имеет в основании сечение 49 м, увеличивающееся затем до 57 м на уровне 17-го этажа и постепенно уменьшающееся до 26 м к 39-му этажу. Сверху здание покрыто стеклянной «линзой», имеющей форму полусферы.

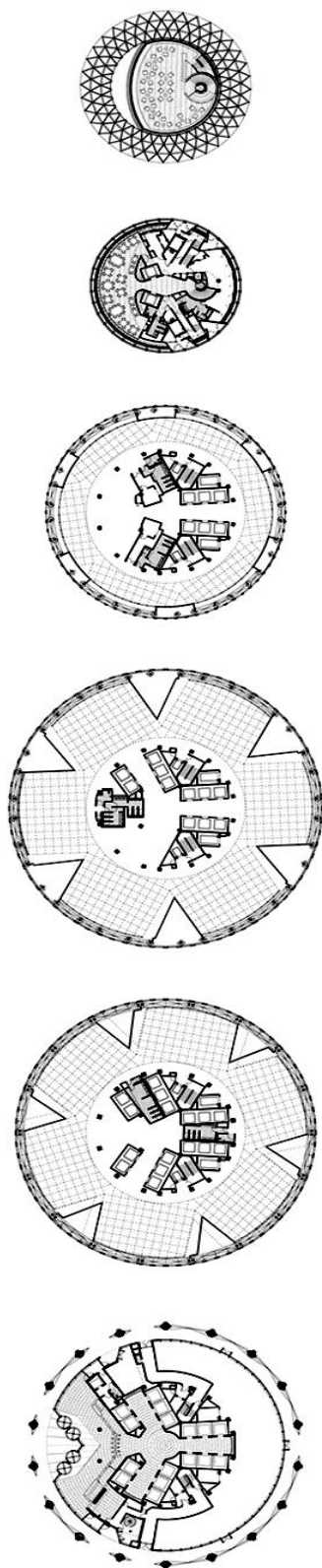


Рис. 9.5. Планы этажей



Рис. 9.3. Генплан



Рис. 9.4. Разрез (межэтажные перекрытия)

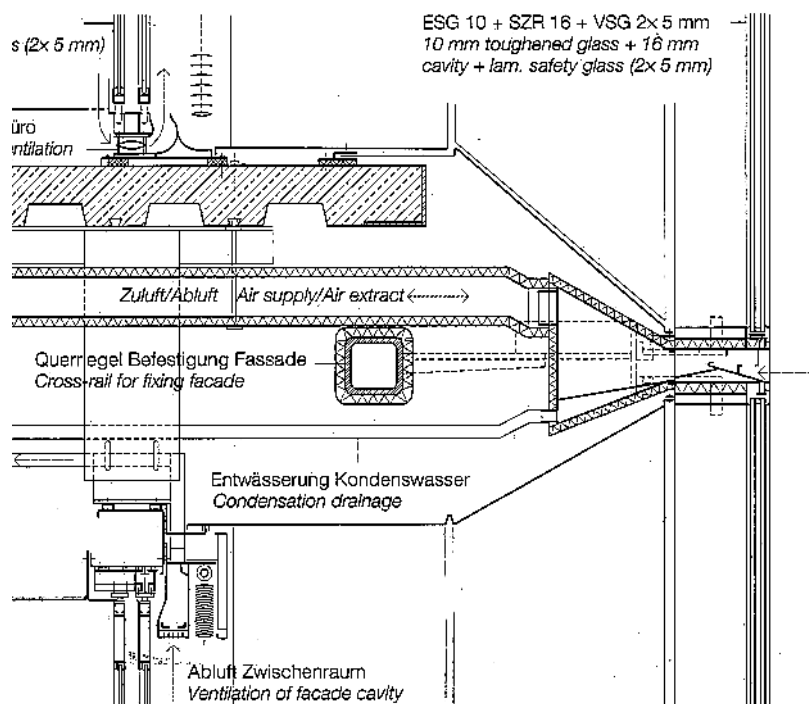


Рис. 9.6. Сечение через оболочку: 1 – ламинированное безосколочное стекло (2×5 мм); 2 – усиленное стекло 10 мм + 16 мм воздушная полость + ламинированное безосколочное стекло (2×5 мм); 3 – офисная вентиляция; 4 – воздуховод; 5 – поперечный рельс для фиксации фасада; 6 – уплотняющий дренаж; 7 – вентиляция фасадной плиты

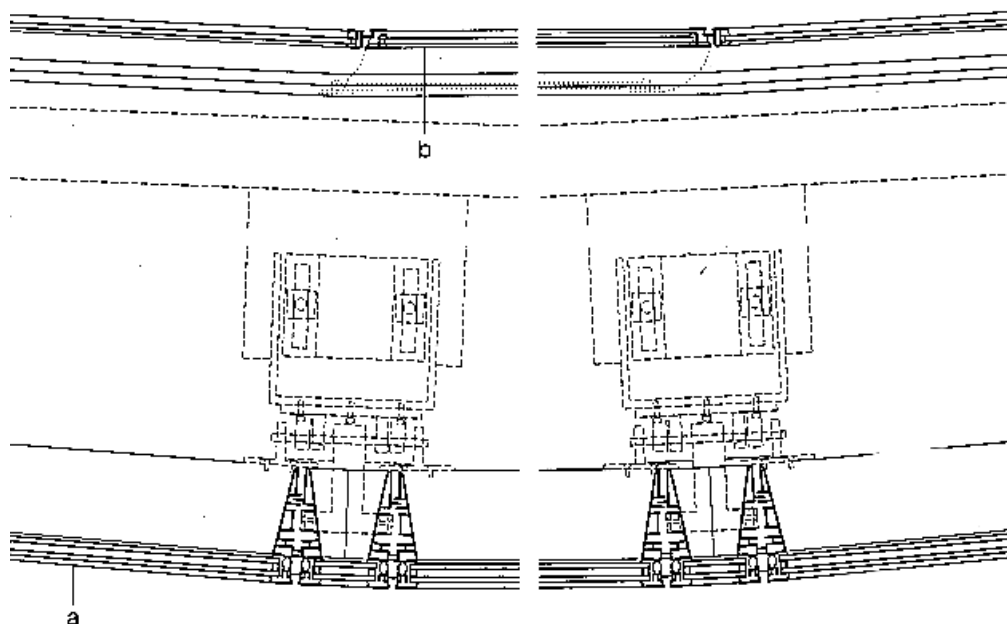


Рис. 9.7. Штаб-квартира Swiss Re: схематический горизонтальный разрез: а – двойное остекление в алюминиевом каркасе: 10 мм закаленное стекло + 16 мм полость небующего стекла (2×5 мм); б – раздвижные двери: небующее стекло (2×5 мм) в алюминиевом каркасе

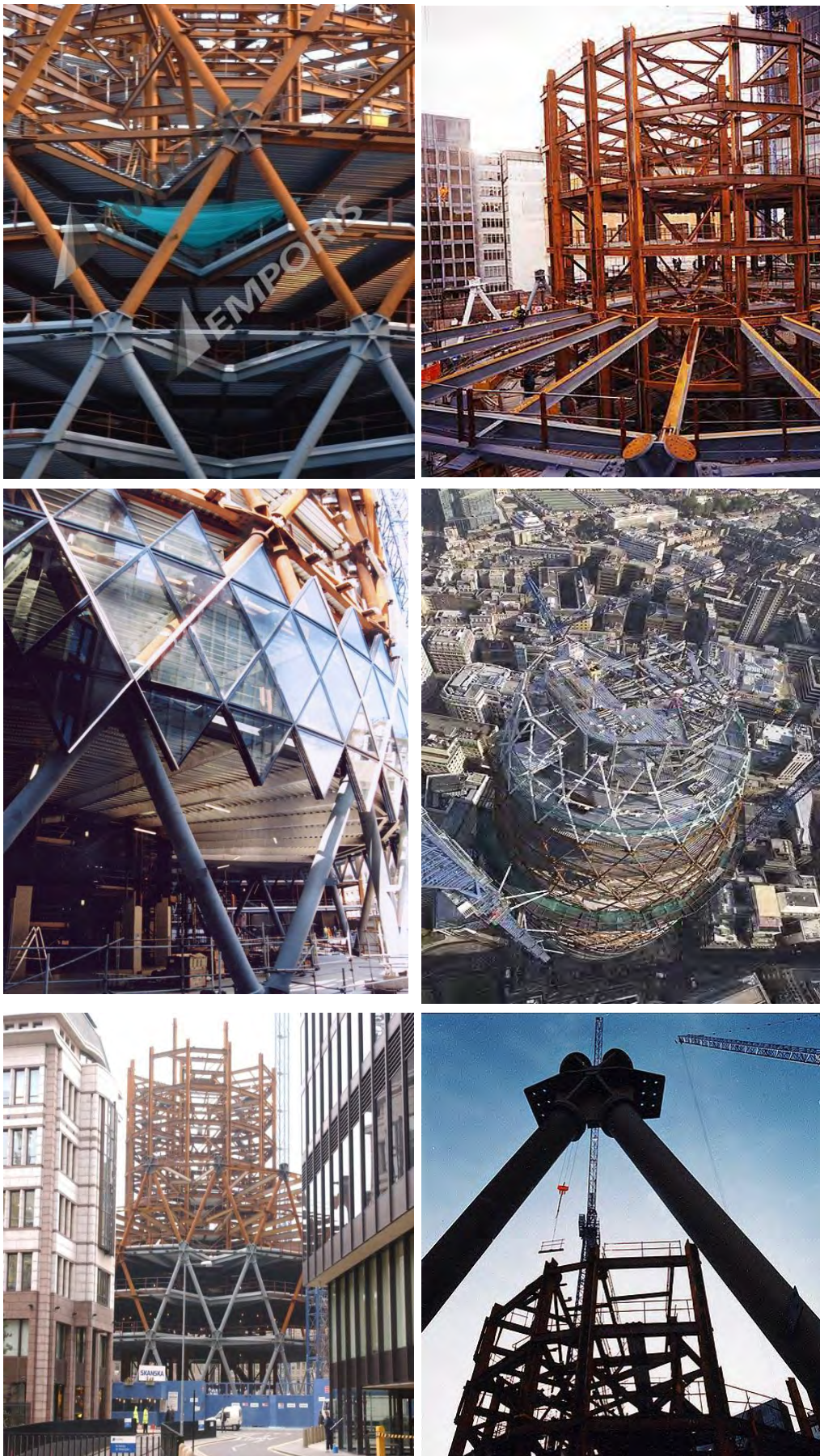


Рис. 9.8. Установка светопрозрачной оболочки здания

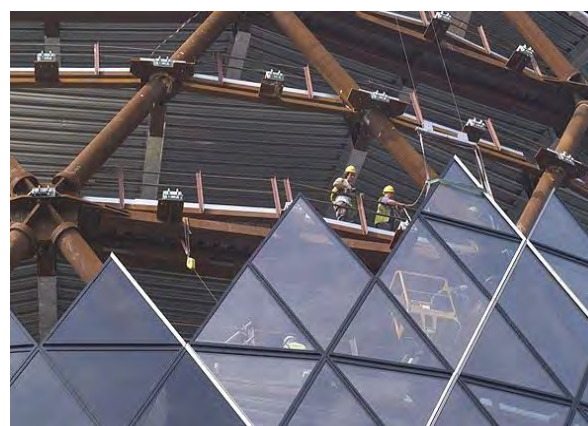
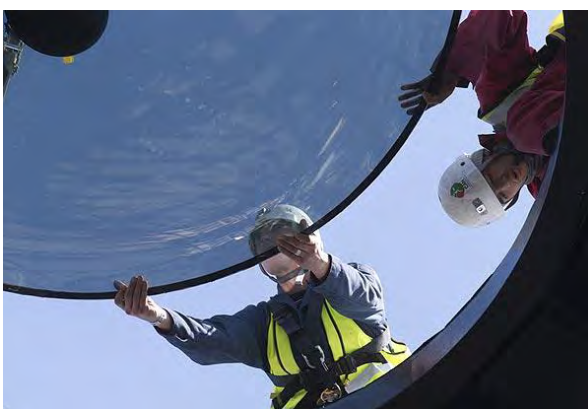


Рис. 9.9. Установка линзы на верхушку здания

10. ВЕДОМСТВО ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ДЕССАУ

Архитекторы: *Матиас Зауербрух, Луиза Хаттон*; руководитель проекта: *Эндрю Киль, Рейн Лотз*; площадь: 20 000 м². Время реализации проекта 2004–2005 г. Несмотря на инновационную форму постройки, здание *Федерального агентства по охране окружающей среды Германии в Дессау (UBA)* – это типовый проект, который является достойным и гармоничным ответом находящимся поблизости строений Вальтера Гропиуса.

Здание расположено в старом районе города на месте бывшего железнодорожного вокзала. Изогнутая форма здания – ответ различным местным ограничениям, диктующим зависимость как внутренних и внешних объёмно-пространственных характеристик проекта. С полукруглого форума с остекленными фасадами открывается вид на окружающие постройки. К форуму примыкает внутренний двор, полностью покрытый стеклянной крышей с солнцезащитным покрытием (рис. 10.1–10.3).

Идея горизонтальных полос, использованная во внешнем фасаде усилена с помощью материалов и цвета: здание имеет 33 различных оттенка из 7 различных цветовых групп в хроматической последовательности. Непрерывные изгибающиеся горизонтальные пояса, облицованные лиственницей, чередуются с утопленными окнами и многочисленными цветными стеклянными вставками. Цвет в проекте – способ преодоления схожести визуального восприятия пространства и, таким образом, цвет помогает избежать «монотонного» воздействия, и в то же время выделить различные функциональные зоны здания. В облицовке фасадов применили эко-материал – древесину.

Окна окружает листовая сталь или цветные алюминиевые вентиляционные жалюзи. Оригинальная конструкция стеклянной крыши не только позволяет свету достигать внутренних офисов, атриума и форума, но и служит для оптимизации баланса энергии и контроля внутреннего климата. *Пилообразного профиля крыши, образованная наклонными безраскосными стальными фермами из круглых труб с пролётами до 24 м, сечением поясов $\varnothing = 219/20$ и 140/12,5 мм, с заполнением их модульных прямоугольных сегментов светопрозрачными панелями покрытия, опирается на горизонтальный парапет извилистого замкнутого внутреннего фасада. Пары сомкнутых по верхним и нижним поясам ферм, расположенных под разными углами к горизонту, связанные затяжками по нижнему поясу, формируют несущую структуру покрытия внутреннего двора. Надземный четырёхэтажный объём здания решён в монолитном железобетонном каркасе с перекрытиями толщиной 260 мм. Ограждение внешнего фасада выполнено на основе вентилируемых воздушных прослоек с облицовкой непрерывных горизонталей лиственницей сечением 20/150 мм, цветных простенков – закалённым стеклом $\delta = 10$ мм. Использование солнечной энергии, высокоизолированные внешние стены и система геотермального теплообмена помогают UBA практически достигнуть стандарта энергетически пассивного здания (рис. 10.4–10.6).*



a



б

Рис. 10.1: *a* – перспектива; *б* – фасад



a



б

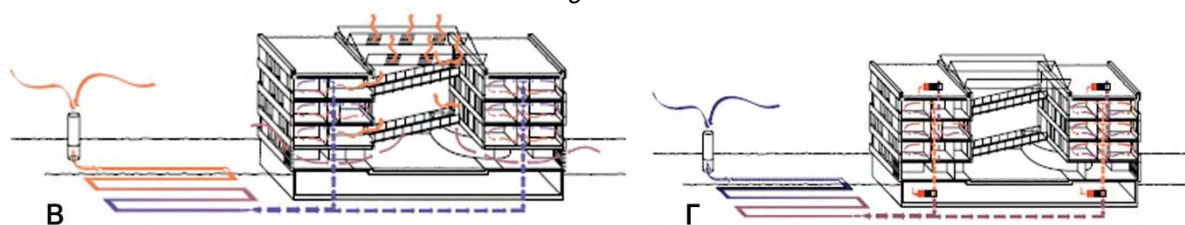
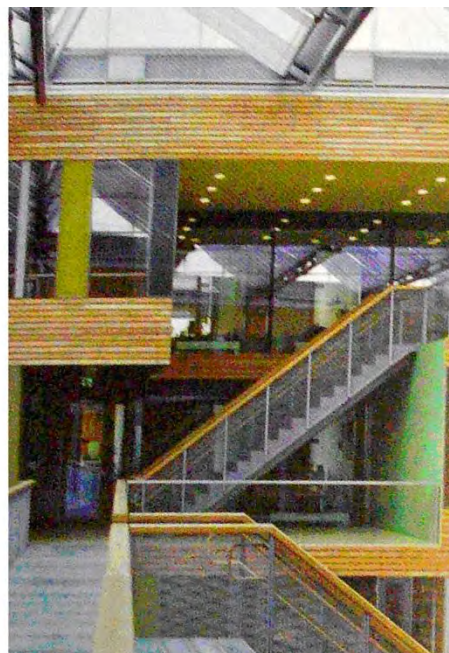


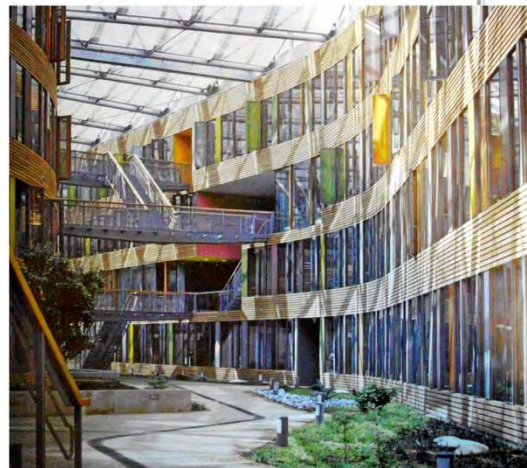
Рис. 10.2: *a* , *б* – крыша внутреннего двора с солнцезащитным покрытием; *в* – система вентиляции в летний день; *г* – система вентиляции в зимний день



a



б



в

Рис. 10.3: *a* – интерьеры; *б* – отделка фасадов древесиной лиственницы; *в* – внутренний двор

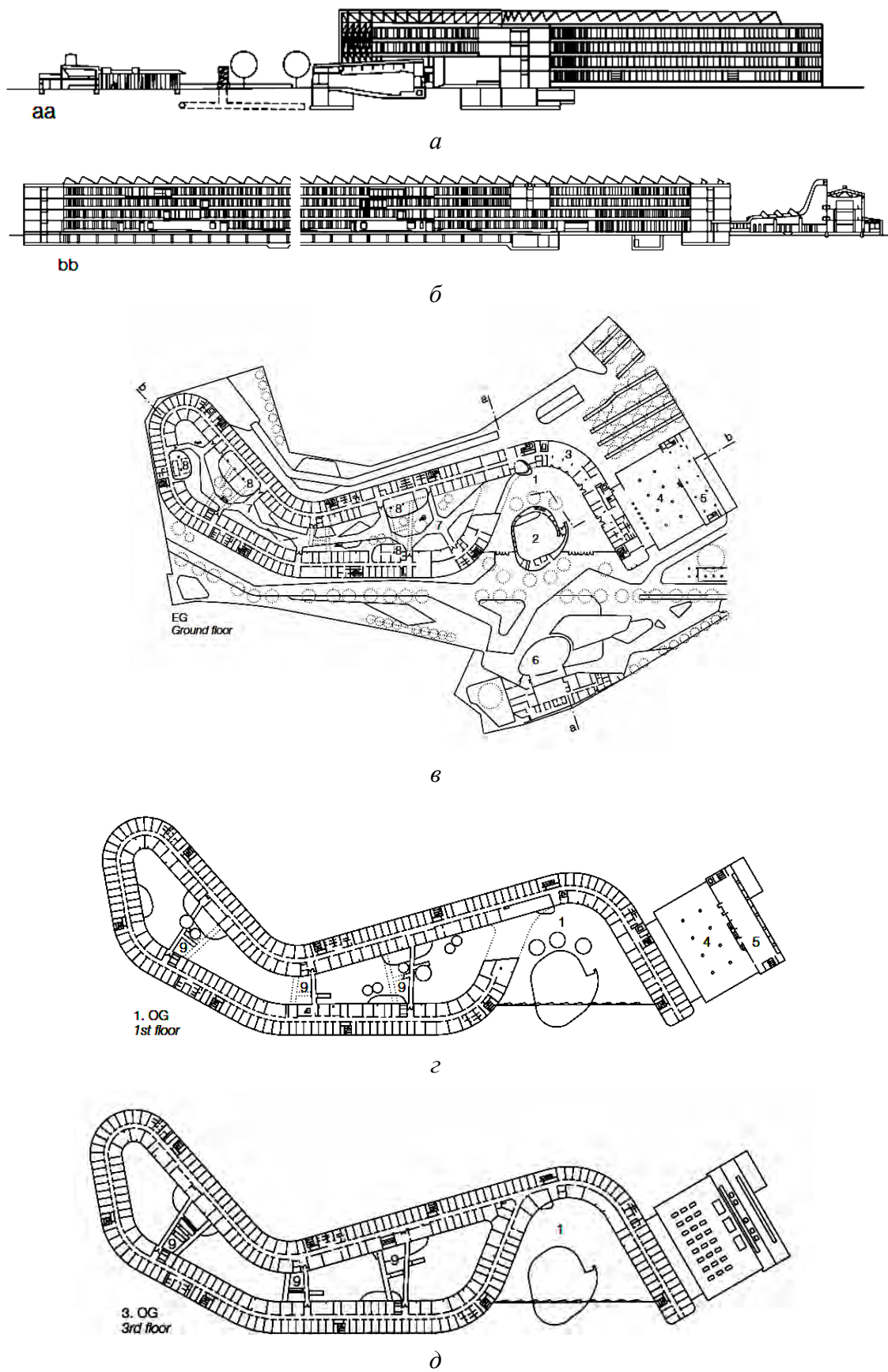


Рис. 10.4: *а* – поперечный разрез; *б* – продольный разрез; *в* – план 1 этажа: 1 – форум; 2 – аудитории; 3 – выставки; 4 – новое здание библиотеки; 5 – останки прежних построек вокзала Wörlitzer; 6 – кафетерии; 7 – атриум; 8 – помещение для приемов/встреч; 9 – мосты связи; *г* – план 2 этажа; *д* – план 4 этажа

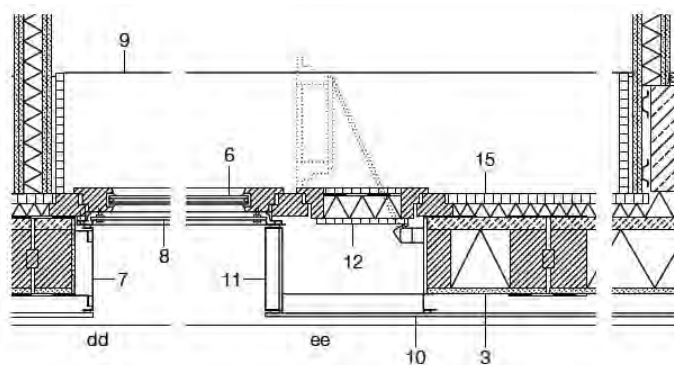


Рис. 10.5. Разрез и план по внешнему фасаду:
 1– 0,8 мм – луженный медный лист; двухслойная битумная изоляция; 72 мм – минеральная вата; пароизоляция; 200 мм – железобетонный парапет высотой 650 мм; 2– 20/150 мм – облицовка из лиственницы; 40/40 мм – деревянная обрешетка; 40 мм – вентилируемая воздушная прослойка; 3– панель: 15-мм волокнистый гипсокартон; 160 мм – изоляция из целлюлозной ваты; 100/160 мм – обшивка из древесины; 29 мм – цемент и древесноволокнистая плита; 4– луженый медный отлив, 1 мм; 5– жалюзи, 25 мм; 6– однокамерный стеклопакет из лиственницы ($U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$): два 4 мм закаленных стекла; 16 мм – воздушная прослойка; 7– облицовка тонколистовой сталью с порошковой окраской, 1,5 мм; 8– панель закаленного стекла, 8 мм; 9– шпонированная лиственницей и глазурованная композитная древесная плита, 340/25 мм; 10– закаленное стекло, покрытое цветной эмалью в 20-мм алюминиевой коробчатой раме, 10 мм; вентилируемая воздушная прослойка, 52 мм; 11 – окрашенные алюминиевые решетки вентиляции; 12 – механические откидные створки вентиляции; 14 мм – фанера с покрытием, пароизоляция; 70 мм целлюлозной изоляции; 14 мм – декоративная фанера шпонированная лиственницей; 13 – волокнистый гипсокартон, $2 \times 12,5$ мм; целлюлозная изоляция, 90 мм; эластичные полосы, 27 мм; деревянные прокладки, 63 мм; 14 – уголок из нержавеющей стали, 240/500/20 мм; 15 – композитная древесная плита, 23 мм, шпонированная лиственницей; целлюлозная плита изоляции, 40 мм

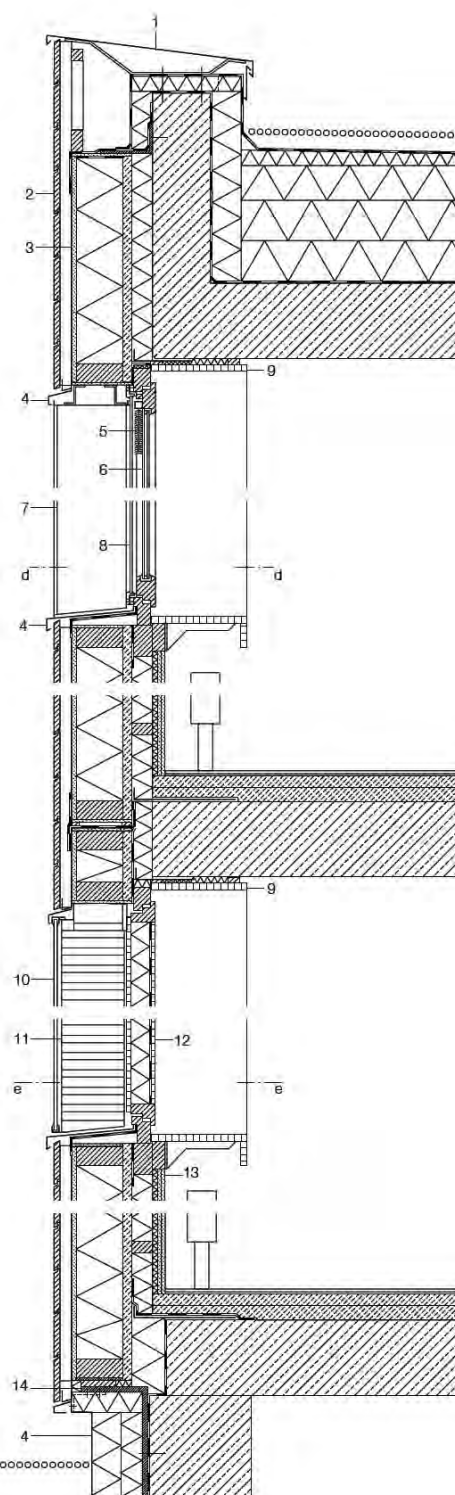
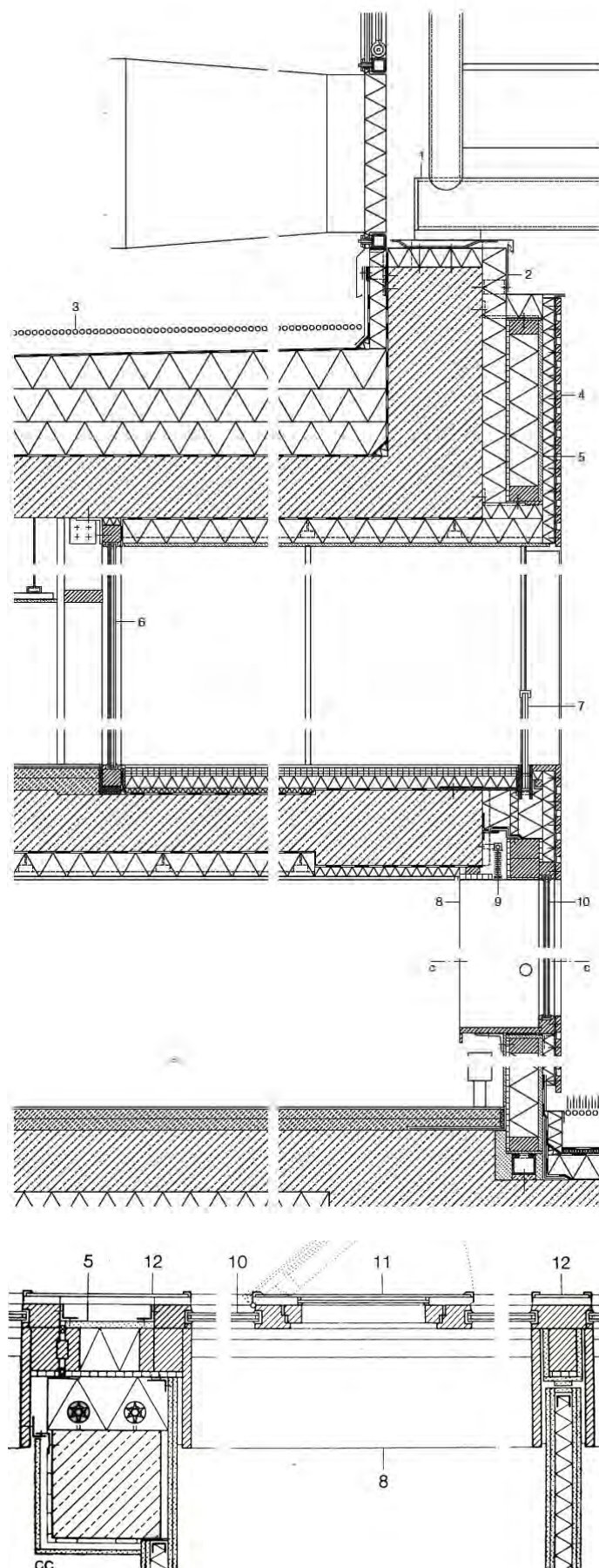


Рис. 10.6. Разрез и план по внутреннему фасаду: 1 – сквозная ферма: стальные трубы $\varnothing 219/20$ мм и $\varnothing 140/12,5$; 2 – 2 мм обшивка истовым алюминием; 50 мм – теплоизоляция из минеральной ваты; 400 мм – железобетонный парапет высотой 800 мм; 3 – 100 мм – слой гравия; 2 мм – двухслойная гидроизоляционная мембрана; 460 мм (max) – герметичный слой теплоизоляции; 1,5 мм – пароизоляция; 260 мм – железобетонная плита; 4 – 20/70 мм – облицовка из лиственницы; 30/50 мм – деревянная обрешетка; 50 мм – звукоизоляция меламиновый пенопласт (пеноматериал); 5 – панель: 19 мм – волокнистый гипсокартон; 120/60 мм – ламинированный деревянный каркас; 120 мм – целлюлозная теплоизоляция; 16 мм – ориентированно-стружечная плита; 6 – однокамерный стеклопакет из лиственницы ($U = 1,2 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$): 6 мм – закаленное стекло; 16 мм – воздушная прослойка; 8 мм – ламинированное небьющееся стекло; 7 – ламинированное небьющееся стекло балюстрады, 22 мм; – перила из нержавеющей стали, 30/45/5 мм; 8 – шпонированная лиственницей композитная древесная плита, 340/25 мм; 9 – жалюзи, 25 мм; 10 – однокамерный стеклопакет из лиственницы ($U = 1,2 \text{ Вт} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$): 6+4 мм – термополированное стекло; воздушная прослойка, 16 мм; 11 – ступенчатый однокамерный стеклопакет из лиственницы ($U = 1,2 \text{ Вт} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$): 6 мм – закаленное стекло с цветной пленкой; 14 мм – воздушная прослойка; 4 мм – термополированное стекло; 12 – панель из закаленного стекла с цветной трафаретной печатью, крепежные планки, 8 мм



11. НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ИСКУССТВА И КУЛЬТУРЫ ИМЕНИ ЖОРЖА ПОМПИДУ В ПАРИЖЕ

В 1969 г. был объявлен международный конкурс на проект крупнейшего в Европе культурного центра. В нем приняли участие архитекторы из 49 стран, представившие 680 проектов (в том числе 30 советских). Жюри конкурса утвердило совместный проект итальянца Ренцо Пьяно и англичанина Ричарда Роджерса. К концу 1971 г. Была полностью сформирована креативная группа проекта Центра искусств, обеспеченная полной независимостью.

Команда сотрудников бюро «Ove Arup and Partners», работающая над проектом, возглавлялась Ренцо Пьяно и Ричардом Роджерсом.

Около пяти лет продолжалось строительство, и обошлось в 993 млн франков (покупка земли – 85 млн франков; основное строительство и оснащение – 750 млн франков). Национальный центр искусств имени Жоржа Помпиду был торжественно открыт в 1977 г. (рис. 11.1–11.4).

Бобур, как фамильярно называют это здание местные жители по названию квартала, где оно расположено, стало первым сооружением, опрокинувшим основы системы конструирования. До той поры в любом строении старались не выставлять напоказ его конструктивные элементы, воздуховоды, лифты, лестницы и прочее аккуратным образом скрывались. В этом смысле Центр Помпиду является «ударом», даже оставаясь приятным и доброжелательным на вид. Он напоминает организм, рассматриваемый под рентгеном. Все коммуникации, инженерия и вся инфраструктура – лестницы, лифты, эскапаторы, трубы – вынесены на фасад. За это здание получили прозвище «bowellism» (от английского «bowels» – внутренности).

Первой особенностью этого предложения является открытие центра в черте города и квартала, где проектируется большая площадь, которая занимает половину пространства для строительства. Именно этой площадью центр отличается в первую очередь. Другой важный момент заключается в создании легко трансформируемого пространства. Здание спроектировано как совокупность больших свободных площадей, границы которых могут быть организованы в зависимости от потребностей и изменяться с течением времени.

Чтобы создать эти большие и свободные площади, вся структура здания вывернута наружу. То есть все, что позволяет ему функционировать: средства коммуникации и теплотрансформаторы, сам каркас здания, канализация, вентиляция – также расположены снаружи, на улице и на площади. Это и является реализацией концепции потребности в таком пространстве и задумки архитекторов: все конструкции, инженерные и коммуникационные системы, должно быть показаны, ничто не должно быть скрыто.

Самой эксцентричной темой проекта стали консольные балки, названные «герберетты» («gerberettes»). Фермы на колонны рам каркаса

крепятся при помощи их. «Герберетты» отлиты из особой высокопрочной стали, а их форма (на основе двутавра переменного сечения с постепенным переходом в коробчатое и затем в наиболее объёмное – полое сечение) приспособлена к воспринимаемым нагрузкам. Литые детали таких огромных размеров раньше не использовались в строительстве. На них в пространстве между колоннами и вертикальными тяжами также опираются «трубы» горизонтальных пешеходных галерей и подвешиваются в уровнях каждого перекрытия полностью вынесенные наружу наклонные эскалаторы.

Колонны, выходящие наружу, стали элементами связевой структуры здания. Консольные балки спроектированы так, чтобы «одеваться» через овальное отверстие на колонны. Жёстко зафиксированные в пространстве связями «герберетты» не допускают передачи эксцентрических нагрузок на колонны, иначе они стали бы значительно массивнее, чтобы противодействовать и изгибающим моментам.

Выступающие на фасаде стальные элементы круглой формы (связки), которые проектировщики прозвали «спутником», соединяют на вершине «герберетт» закреплённые на болтах горизонтальные затяжки и пересекающие их диагональные элементы жёсткости.

Опорные узлы «герберетт» и связей совпадают. При монтажной сборке, чтобы пройти опорные выступы, «герберетты» поворачивали на 90° от своего проектного положения. Верхнее и нижнее отверстия сделаны эллиптической формы, для того чтобы, опускаясь на колонны, пройти опорные выступы, и боковые отверстия были также расширены, чтобы развернуть «герберетты» в проектное положение.

На первом этаже торцов здания к «гербереттам» крепятся распорки через U-образное завершение элемента конструкции. Массивные скульптурные диагональные связи шарнирно навешиваются на стыковочный узел. Они были разработаны таким образом, чтобы сохранить эстетичность соединения при минимальном использовании металла. Данные элементы были сделаны из более твердых сплавов, детальное проектирование их было разработано и согласовано между инженерами и литейщиками.

Система каркаса разработана как гигантский конструктор. Металл, окрашенный в белый цвет, состоит из элементов, которые повторяются и в совокупности образуют регулярную конструкцию.

Нагрузка от фермы воспринимается колонной и консолью «герберетты», где протянут огромный прут, растянутый по вертикали (растяжка), заанкеренный на уровне земли.

Рама состоит из двух колонн, «герберетт», ферм и растяжек. Две рамы пролётом в осях 48 м (с учётом двух консолей по 6 м общая ширина здания – по оси растяжек – составляет 60 м) несут перекрытие с пролётом 12,8 м. Каркас здания состоит из 14-ти рам, образуя 13 пролётов по всей длине. Колонны рам каркаса в плане заглублены, чтобы не нарушать впечатление прозрачности стеклянной оболочки фасада. После монтажа конструкций установленные ветровые связи, закреплённые к консоли «гербе-

ретты», обеспечивают её устойчивость. *Затем формируются фасады, которые похожи на прозрачные листы бумаги, разделяющие внутреннее и внешнее пространство.* В то время как фермы пересекают здание по его ширине, колонны, «герберетты», растяжки и ветровые связи выходят наружу (рис. 11.5–11.13).

В структуре центра Помпиду расположены: 28 колонн (14×2) 49 м высотой и 85 см диаметром, 84 ферм (14×6) 44,8 м длиной, 2,85 м высотой весом 75 т каждая, 168 «герберетт» (14×2×6) 8 м длиной (с консолями 6 м), весом 10 т каждая. Фермы и герберетты весят вместе около 8 тыс. т (168×10 + 84×75). Система ветровых связей на наиболее длинных фасадах состоит из крестов, закрепленных на консолях «герберетты» (это огромные раскосы высотой в 2 уровня).

Цвета использованы как элемент облицовки всей структуры, согласно обозначениям, которые определили архитекторы: голубой для вентиляции и кондиционеров; жёлтый для электросетей; зелёный для водопровода; красный для движения людских потоков (эскалаторы, лифты). Однако недавно это цветное кодирование было частично удалено, и многие из элементов выкрашены в белый цвет.

Главные части конструкции защищены негорючими покрытиями и специальными панелями. Спринклерная система пожаротушения (срабатывает автоматически) охлаждает узлы рам и стеклянные панели. При пожаре главные колонны наполняются водой и охлаждают здание. Трубы сверху открыты, и закипевшая вода выливается, предотвращая деформацию колонн и других конструкций. Также существуют восемь пожарных лестниц, помещенных в изолированные стальные башни.

Открытое пространство, прилегающее к фасаду, имеет уклон, образуя своего рода *амфитеатр*, завершающийся на своей самой высокой части столиками кафе, расположенными в здании, замыкающем площадь. Хозяева кафе, оценив свою выгоду такого расположения, развернули кресла столиков в сторону фасада, превратив их в ложи для привилегированных зрителей. Эта демократичная площадка стала излюбленным местом выступления артистов и музыкантов.

В подземной части комплекса находятся автостоянка на 700 машин, кинотеатр, обширное музейное хранилище и служебные помещения.

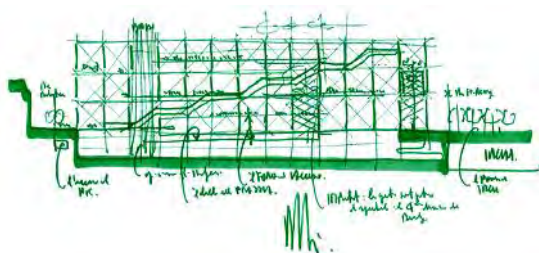
Согласно идеологии проекта облик здания должен напоминать подобие диаграммы в развитии (за счет выноса на фасад эскалатора). Одним из главных приоритетов проекта было максимизировать функциональное движение и потоки посетителей, освобождая внутреннее пространство, проектируя все необходимые системы коммуникаций на внешней стороне здания. Два материала – металл и стекло – умелое использование цвета, вынесенный на фасад эскалатор, быстро ставший знаменитым, эффектные сквозные проходы, и главное, эпатажный контраст с историческим окружением центра Парижа призваны донести до публики мысли авторов и вызвать ассоциации как минимум с временем конструкций.

Необычная и даже экстравагантная архитектура здания, напоминающего нефтеперегонный завод, символизировала *основное назначение центра – массовое «производство» и распространение культуры. По контрасту с традиционной архитектурой квартала здание центра поражает и своими авангардистскими формами, и необычными масштабами (высота – 42 м, длина – 166 м, ширина – 160 м).*

Парижский Центр Помпиду открывает, таким образом, новое направление в современной архитектуре, получившее название *хай-тек*, концепция выразительности архитектурного образа, объёмно-планировочного и конструктивного решений которого разительно отличается от архитектурного ландшафта местности. *Бобур* отвечает вполне определённым требованиям огромного функционального спектра, является гигантским контейнером, правильно определяемом как «культурная машина», представляющий собой *7500 м² пространств, совершенно свободных от какой-либо конструктивной загрузки.*

Центр Помпиду действительно может считаться «многофункциональным объектом». С эстетической точки зрения здание является поворотным этапом в организации взаимосвязей конструкций и окружающего их пространства.

До проектирования данного здания творческие поиски по изменению привычных представлений об облике, функциях и возможностях архитектуры, применению новейших технологий предпринимались, однако именно в Центре Помпиду подобные идеи получили реальное воплощение. Задуманное как «развивающаяся пространственная диаграмма», здание обладает рядом технических новшеств, которые делают его уникальным.



Внешний вид



a



б



в



г

Рис. 11.1: *a, б, в* – главный фасад; *г* – фрагмент фасада



а



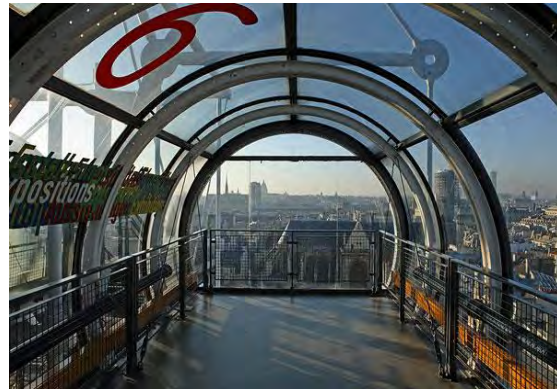
б



в



г



д

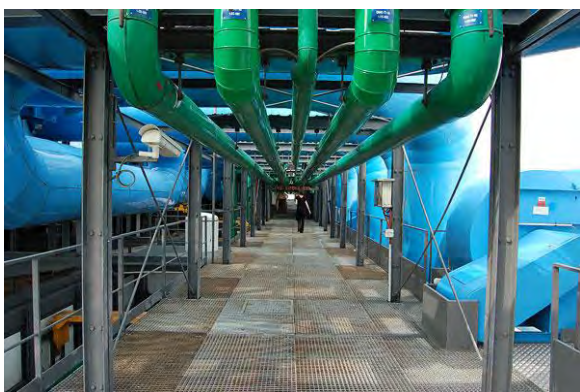
Рис. 11.2: *а, б* – система кондиционирования здания; *в* – эскалатор (вид изнутри); *г* – вид с эскалатора на площадь; *д* – прибытие на смотровую площадку (6 этаж)



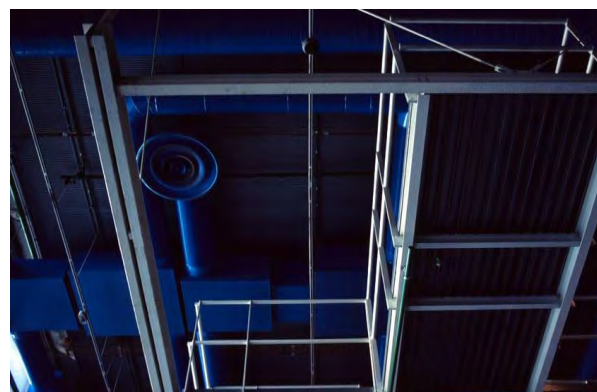
a



б



в



г



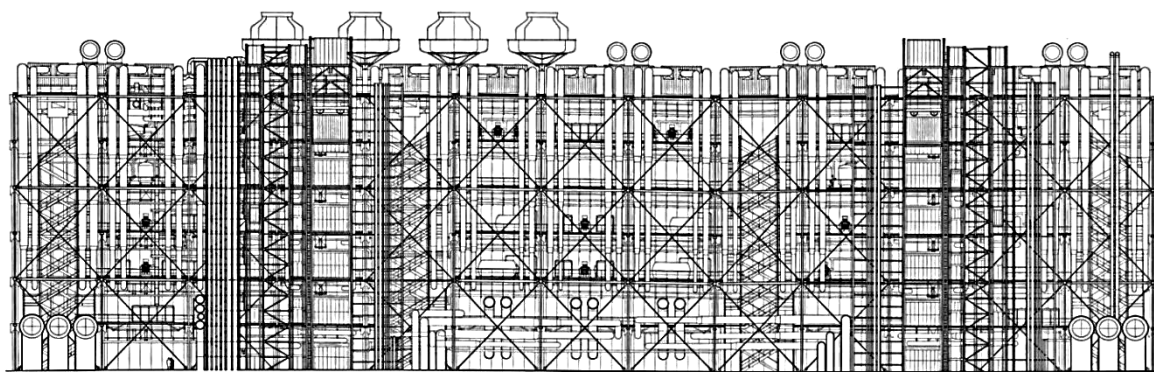
д



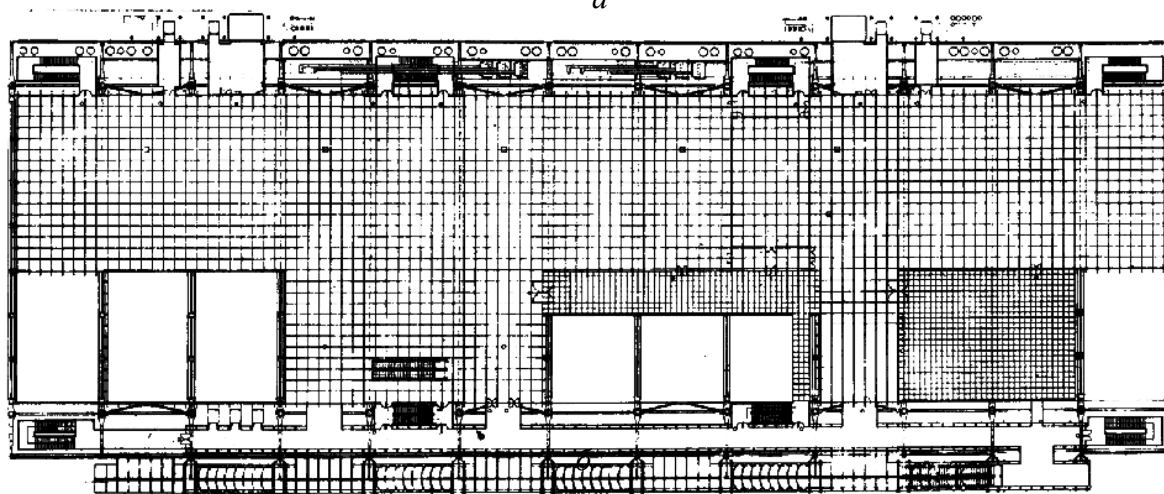
е

Рис. 11.3: *a, б* – ветровые связи в виде крестов высотой в 2 этажа из стальных тросов; *в, г* – коммуникации, проведённые снаружи здания; *д* – симметричное пространство для прохода людей; *е* – элемент интерьера (плита перекрытия и вентиляция)

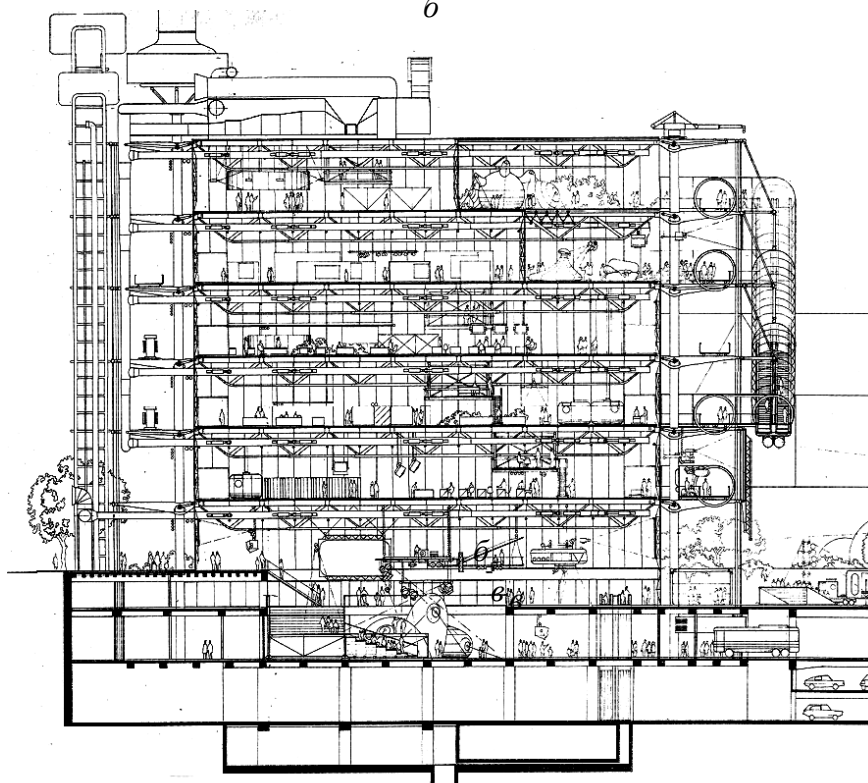
Чертежи и схемы



a

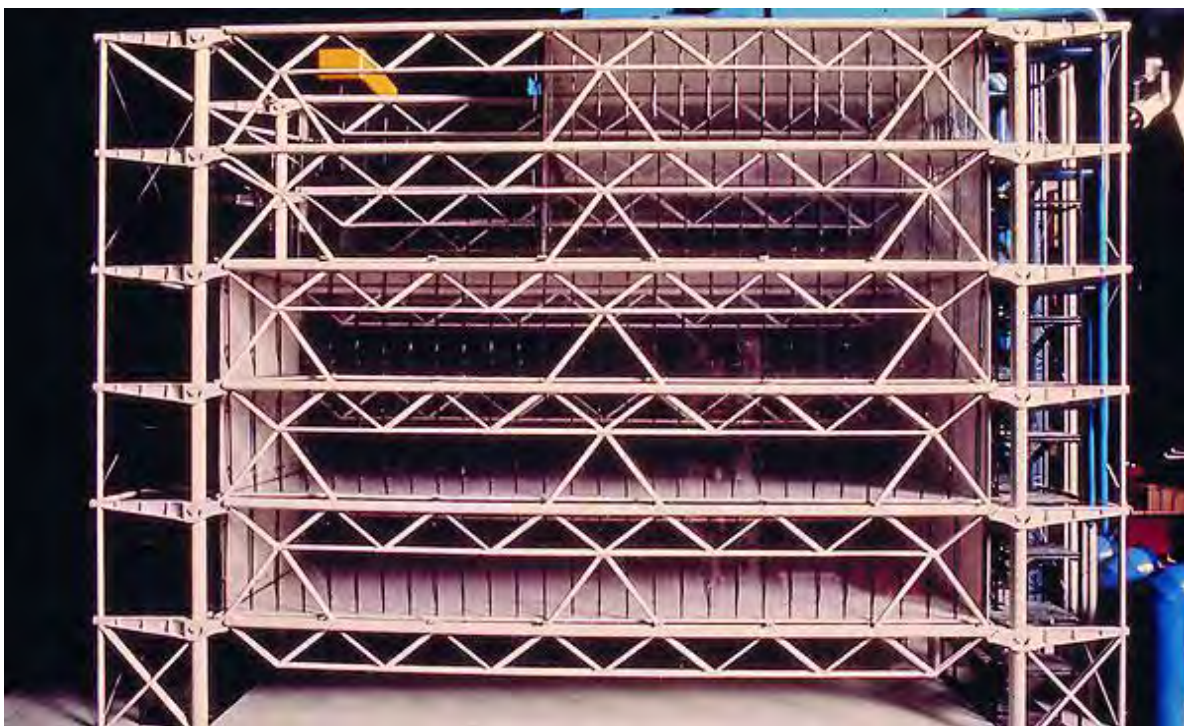


b

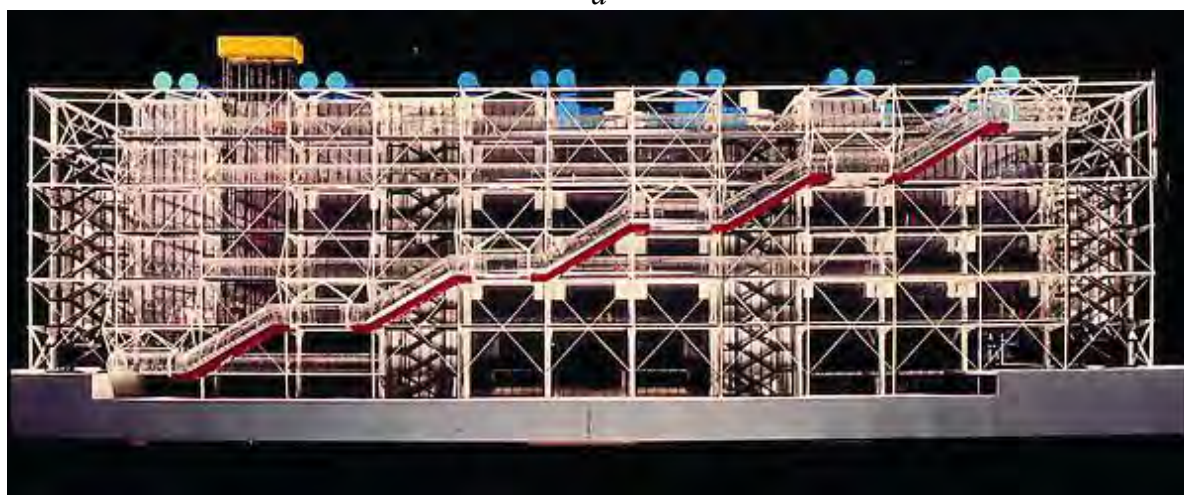


v

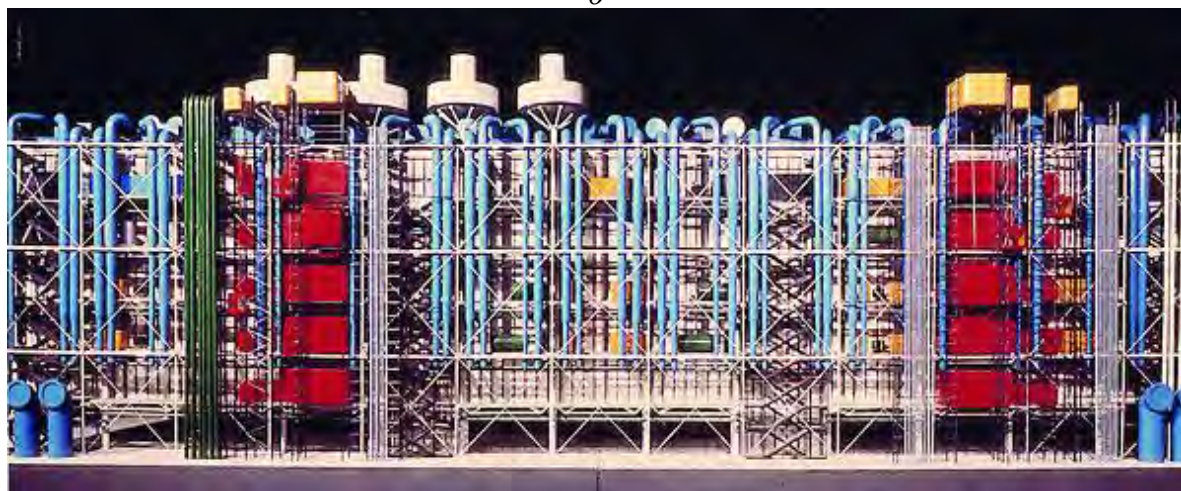
Рис. 11.4: *a* – западный фасад; *b* – план этажа; *v* – разрез



a



б



в

Рис.11.5: *a* – южный фасад; *б* – западный (главный) фасад; *в* – восточный фасад

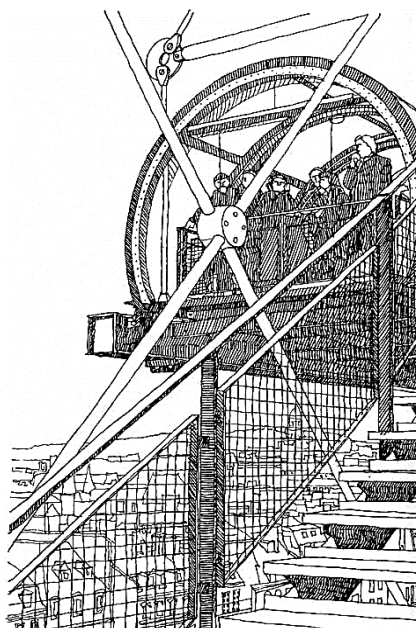


Рис. 11.6. Сравнение предварительных набросков Ренцо Пьяно и реализованного проекта

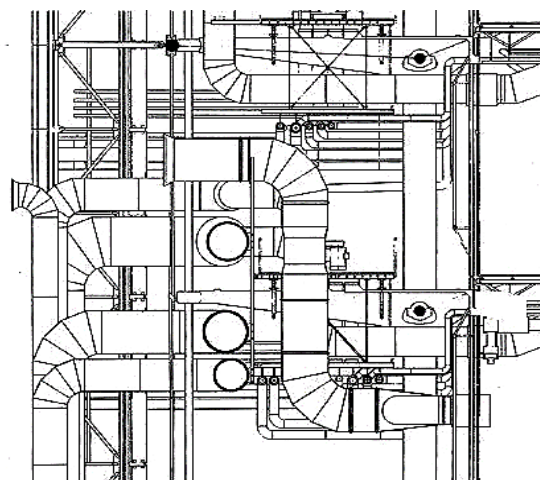
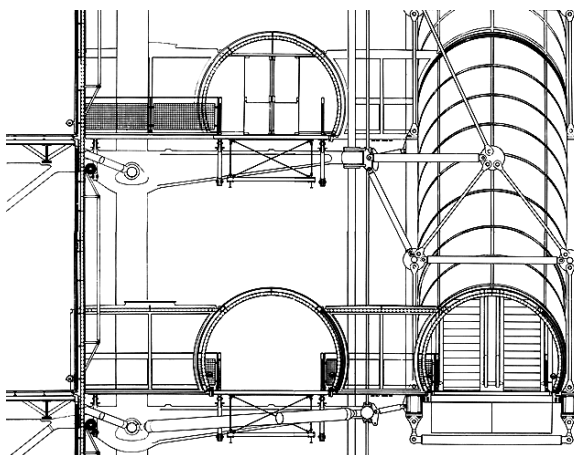
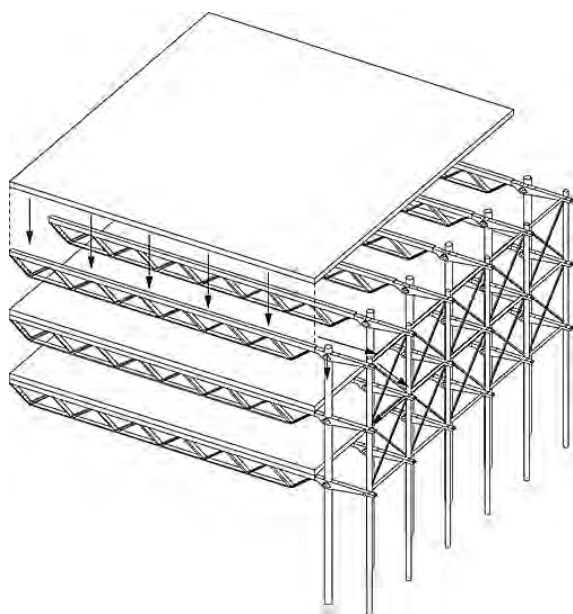


Рис. 11.7: *а* – схема распределения нагрузки в каркасе; *б* – эскалатор; *в* – чертёж коммуникаций, выведенных наружу

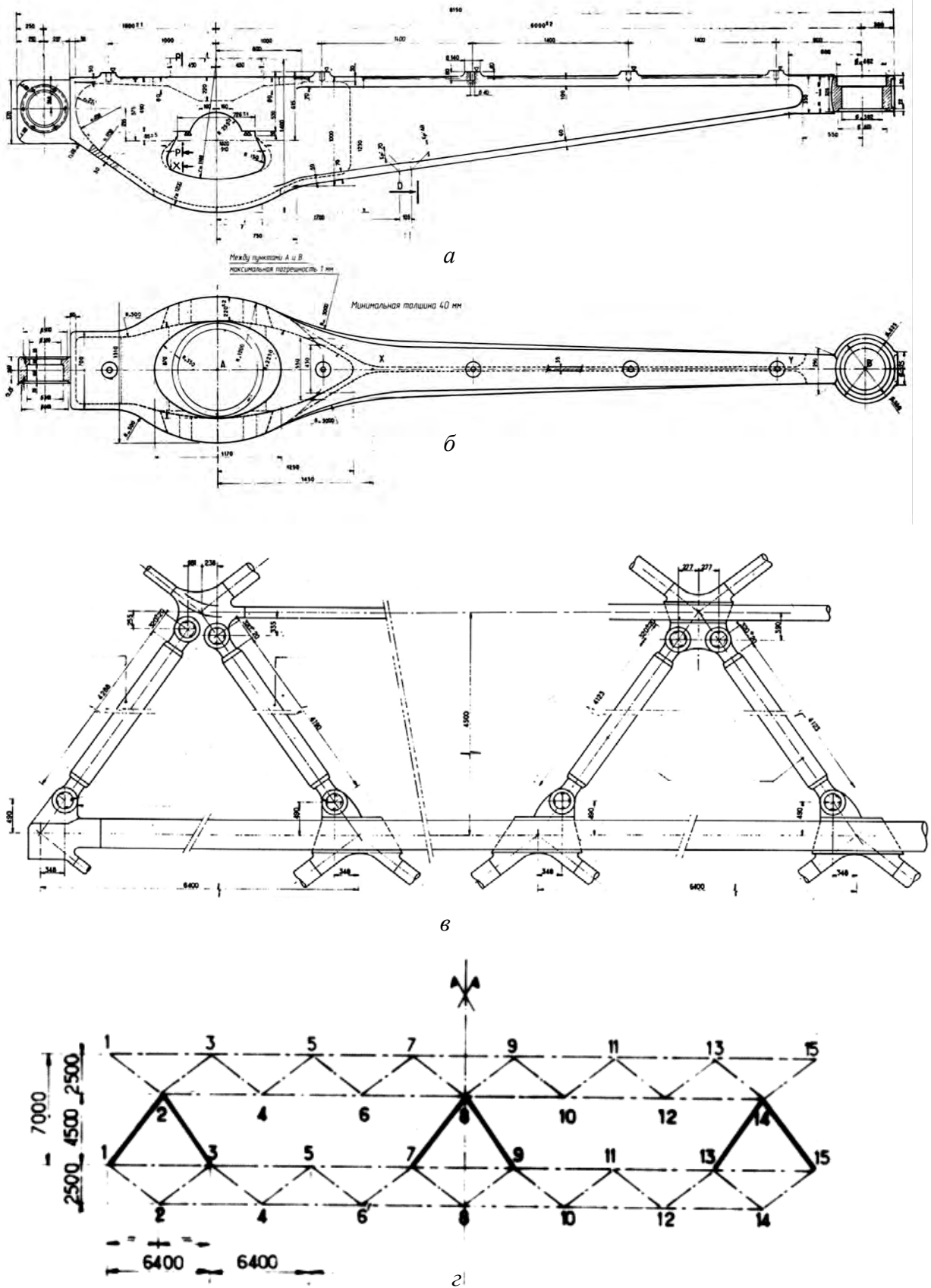


Рис. 11.8: а – гербертта (вид спереди); б – гербертта (вид сверху); в – ветровые связи типа 2 и типа 3; г – схема размещения ветровых связей в поперечном сечении здания

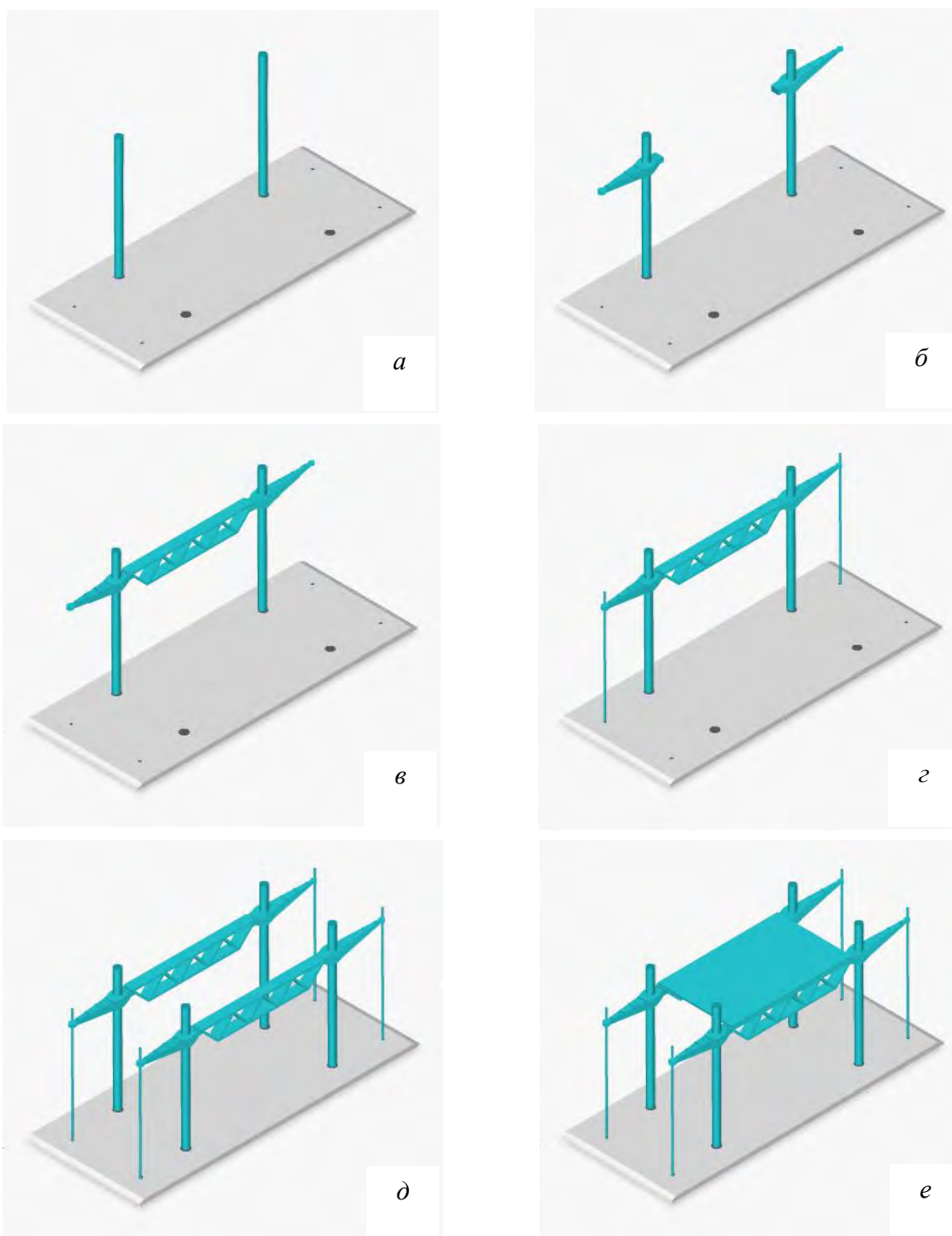


Рис. 11.9. Последовательность сборки каркаса здания: *а* – установка двух колонн диаметром по 85 см на расстоянии в осях 48 м друг от друга; *б* – на каждой колонне прикрепляется герберетта длиной 8 м с резьбой; *в* – на изголовья двух герберетт опирается ферма длиной 45 м; *г* – через конец кронштейна герберетты протягивается стальной прут, воспринимающий нагрузку на растяжение; *д* – два комплекса из колонн, герберетт, ферм и растяжек, т. е. две рамы каркаса, устанавливаются на расстоянии 13 м друг от друга; *е* – на две рядом расположенные рамы опирается пол => образуется пролёт

Строительство и конструкции



a



б



в



г



д



е

Рис. 11.10. Стальные пруты: *a, б* – закрепление прута на конце кронштейна герберетты; *в* – полностью смонтированный первый пролёт; *г* – общий вид сборной конструкции из колонн, герберетт, ферм, прутов и тросов; *д* – шарнирное соединение с ветровыми связями; *е* – отделение пространства для людей и пожарной лестницы



а



б



в



г



д



е

Рис. 11.11. Ферма: *а* – доставка, *б* – подъём фермы; *в* – конец фермы подводится к герберетте; *г* – прикрепление фермы к герберетте; *д* – крепление к ферме противоветровых связей; *е* – фермы хорошо просматриваются на боковых фасадах



а



б



в



г



д

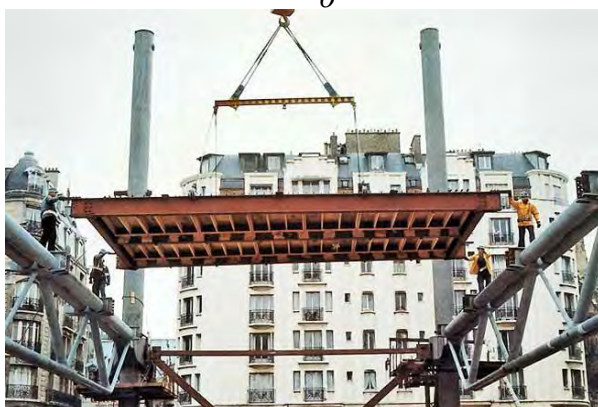
Рис. 11.12. Герберетта: *а, б* – крепление к герберетте конструкций, работающих на растяжение; *в* – подъем герберетты при установке; *г* – крепление герберетты к колонне; *д* – крепление к концу герберетты противоветровых крестов



a



б



в



г



д

Рис. 11.13: *a* – первоначальный вид западного фасада при строительстве; *б* – закрепление противоветровой растяжки в грунте; *в* – установка плиты перекрытия на стальных фермах; *г* – установка колонны (при пожаре колонны наполняются водой и охлаждают здание. Трубы сверху открыты, и закипевшая вода выливается, предотвращая деформацию колонн и других конструкций); *д* – колонна фиксируется в фундаментной плите

12. АДМИНИСТРАТИВНОЕ ЗДАНИЕ В ЛИНЦЕ

Архитектор: *Дитмар Файхтингер* (Dietmar Feichtinger) Architectes, Париж; сотрудники: Г. Фейлер (руководитель проекта), К. Боденез, Ф. Урабл, Р. Батиста; инженеры-конструкторы: Schindelar ZT GmbH.

Новостройка главного управления финансов и отдела продаж компании по производству стали Voestalpine формирует вход на территорию производства и в то же время замыкает ее с севера. Постройка – составная часть модернизированных прилегающих общественных площадей перед входом сталеплавильного комбината, которые включают существующий штаб-квартиру башенного типа, центр для посетителей и открытое пространство между ними, ниже которого располагается парковка.

Вытянутое упругой дугой 220-метровое здание динамично выстреливает постепенно сужающимся консольным прозрачным торцом на 34 м, и словно зависая в воздухе, формирует поразительную «кантиливерную» безопорную крышу над входом (рис. 12.1–12.3).

Новая трактовка архитектуры здания заложена в выразительном выявлении как несуще-конструктивных так и декоративных качеств стали как строительного материала. Пятиэтажный объем здания имеет стальной несущий каркас с железобетонными плитами перекрытия с предварительно напряженной арматурой. «Дерзкий» вынос консольного объема в 34 м стал возможен благодаря работе двух стальных ферм высотой на 4 этажа, нагрузка от которых перераспределяется между лестничным сердечником и четыремя крестообразными колоннами. В контраст несущим конструкциям, фасады выявляют филигранный характер стали как отделочного материала. Нижняя часть нависающего над входом выступа представлена просечно-вытяжными стальными листами золотисто-желтого цвета, выполняющими также функции скользящих солнцезащитных элементов, которые придают ограждающим конструкциям здания почти текстильной эффект. Планировка логически отражает структуру несущих конструкций: центральная часть, представленная четыремя остекленными атриумами, конференц-залами, чайными комнатами и лестничными сердечниками, перекрыта перфорированными стальными двутавровыми балками ($h = 70$ см). По обе стороны примыкают офисные помещения, где несущие консольные балки позволяют снизить изгибающий момент в центральной части здания, оптимизировать высоту сечения консолей, создать свободные от колонн офисные помещения и плоскость фасада. Нагрузка от вышележащих этажей передается на две пары сужающихся колонн. Стальная конструкция оставлена открытой. Ее элементы подверглись пескоструйной обработке, загрунтованы, покрыты слюдяной краской на основе оксида железа после монтажа. Все здание имеет автоматическую систему пожаротушения, а выступающее завершение имеет дополнительное огнезащитное покрытие. Там за стеклом располагается терраса со смотровой площадкой, с которой обзораются доменные печи и трубы сталелитейного завода (рис. 12.4–12.16).



а



б

Рис. 12.1: *а, б* – общий вид нового здания штаб-квартиры сталелитейного концерна Voestalpine

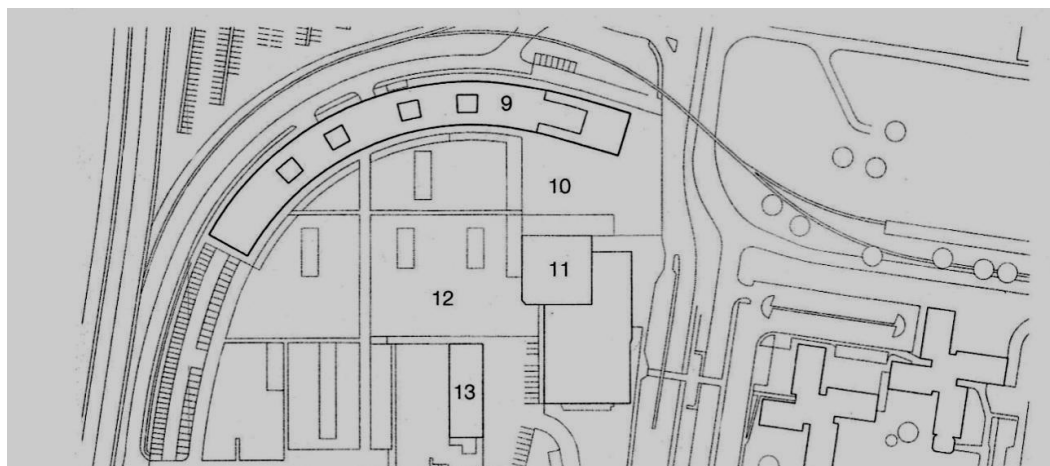


Рис. 12.2. Генплан: *9* – новый центр продаж и финансов; *10* – двор; *11* – существующее высотное здание штаб-квартиры; *12* – озеленённая крыша над подземным гаражом; *13* – здание общественного питания; *14* – центр для посетителей «World of Steel» («Мир Стали»)



а



б



в



г

Рис. 12.3: *а, б* – входные группы, *в, г* – обзорная площадка – стеклянный консольный объём над входом в здание, с которой видны доменные печи и трубы сталелитейного завода

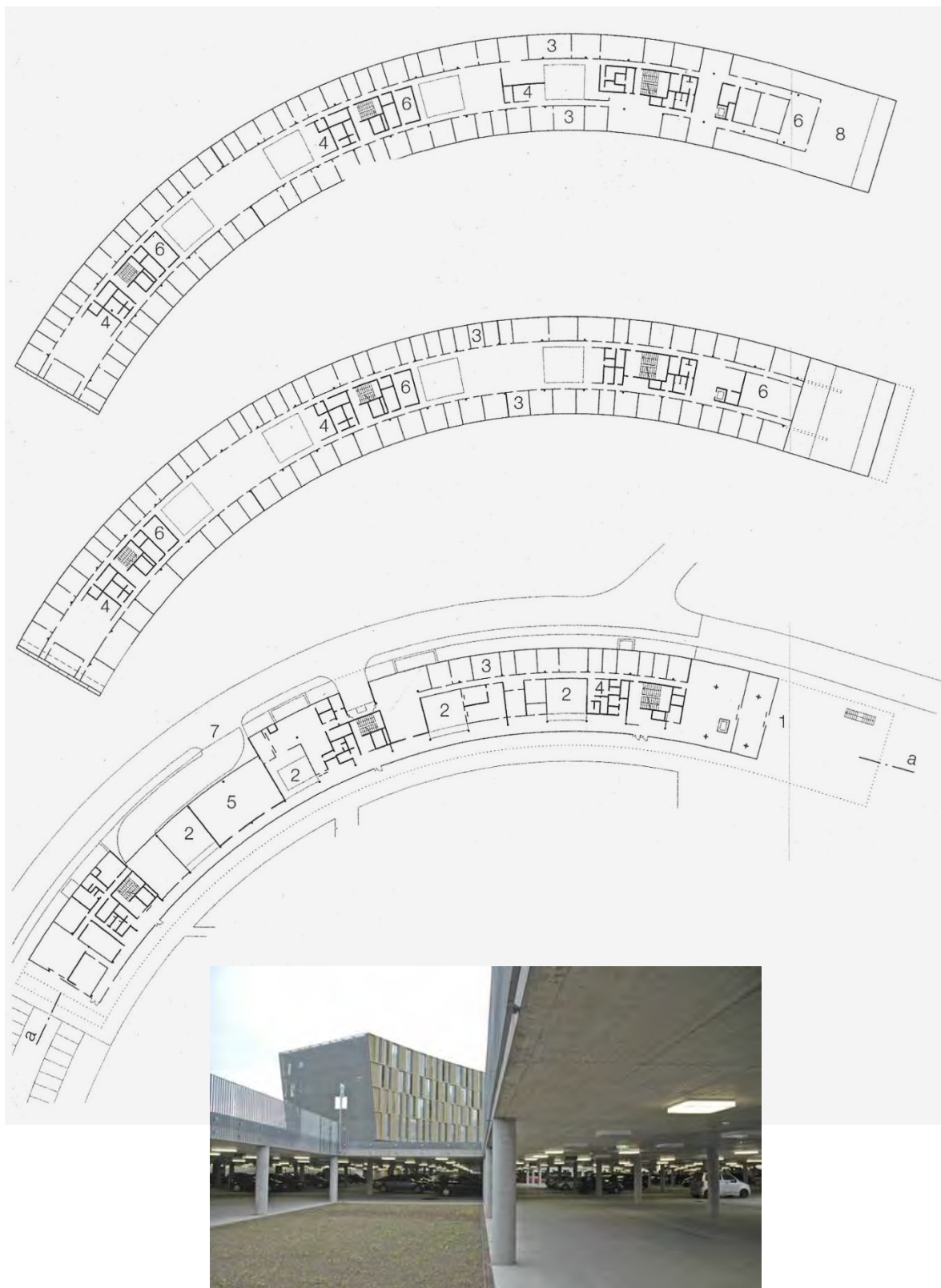


Рис. 12.4: а – планы этажей: 1 – вход; 2 – атриум; 3 – офис; 4 – чайные комнаты; 5 – архив; 6 – конференц-залы; 7 – проезд к парковке; 8 – терраса на крыше;
б – вид уровня парковки

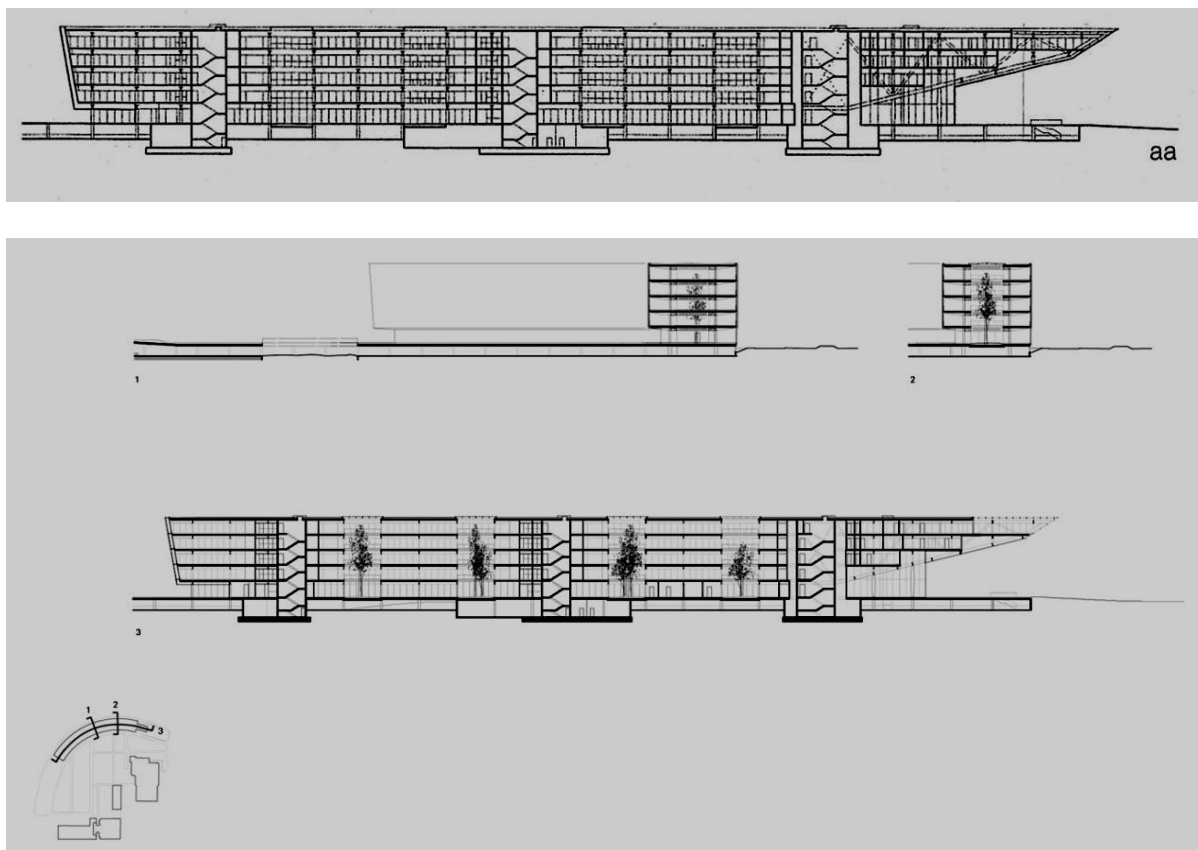


Рис. 12.5. Разрезы

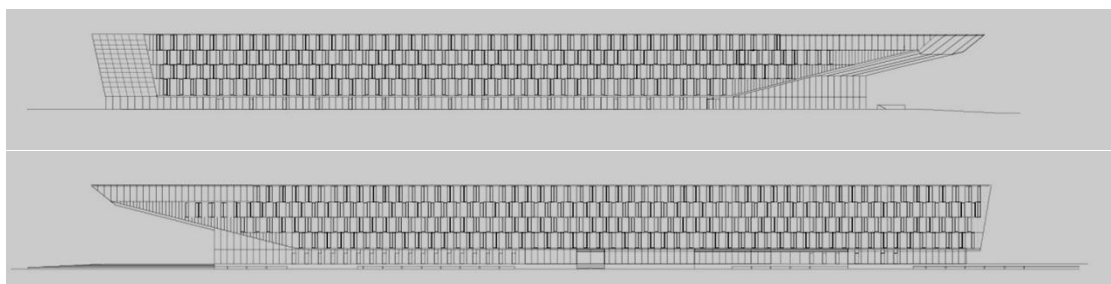
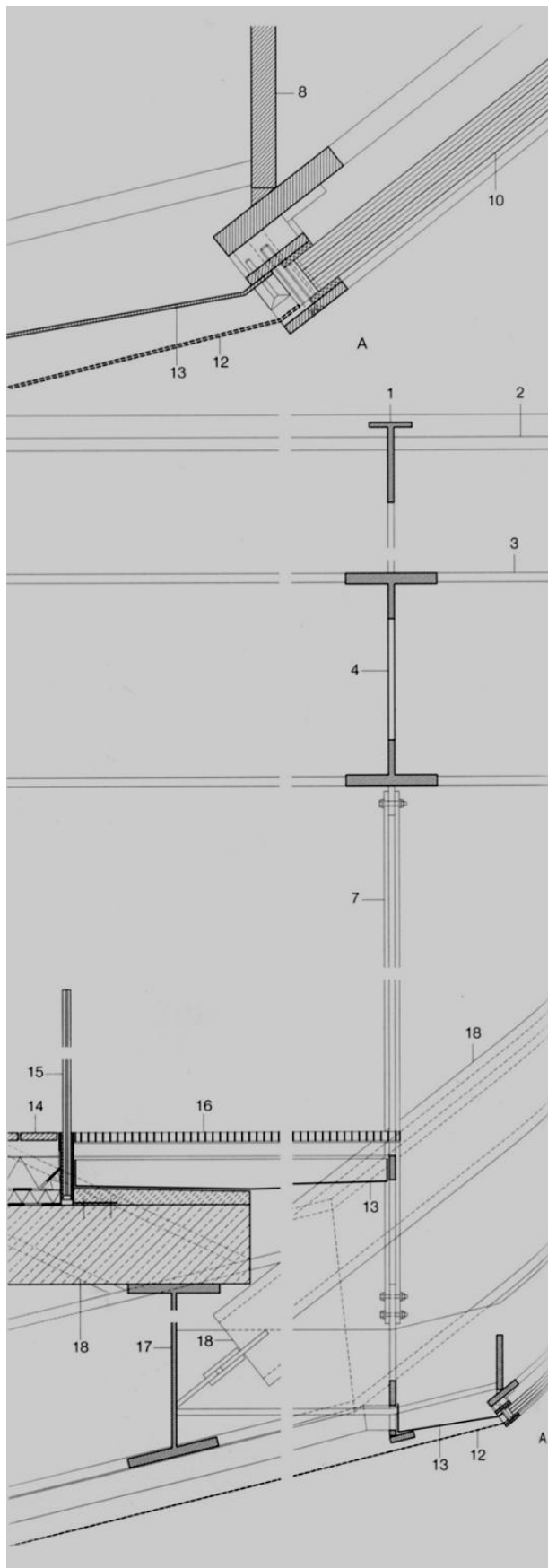


Рис. 12.6. Фасады

Рис. 12.7. Деталь консоли:

- 1 – стальной профиль таврового сечения – крыло свода, покрытый противопожарной защитой 265/140/15/20-170/70/15/20 мм;
- 2 – стальная труба $\varnothing 42,4 / 3,2$ мм;
- 3 – стальная двутавровая балка 700/320/20/30 мм;
- 4 – стальная двутавровая балка с круглыми отверстиями 700/300/20/35 мм;
- 5 – стальная двутавровая балка 600/320/15/30 мм;
- 6 – оцинкованный стальной лист $\delta = 2$ мм;
- 7 – подвеска из полосовой стали $2 \times 60/15$ мм;
- 8 – полосовая сталь 220/20 мм;
- 9 – полосовая сталь 140/20 мм;
- 10 – частично закалённое стекло 3×10 мм;
- 11 – оцинкованная полосовая сталь 80/8 мм;
- 12 – оцинкованный просечно-вытяжной натянутый лист (сетка) с порошковым покрытием 16/8/1, 5/1 мм;
- 13 – желоб из оцинкованной листовой стали $\delta = 2$ мм;
- 14 – конструкция крыши террасы: мощение досками из лиственницы $\delta = 25$ мм доски 50–110 мм; 100 мм экструдированного пенополистирольного утеплителя с дренажными канавками и двухслойной битумной гидроизоляцией; 20–80 мм экструдированный пенополистирол по уклону 2 %, пароизоляция; армированная железобетонная плита 260 мм;
- 15 – защитное остекление балюстрады: 2×10 мм закалённое, ламинированное;
- 16 – плоская решетка из оцинкованной стали 10/30 мм, $\delta = 40$ мм;
- 17 – стальная двутавровая балка-крыло свода 150/70/8/8-75/70/8/8 мм;
- 18 – диагональная стальная труба $\varnothing 298,5/32$ мм



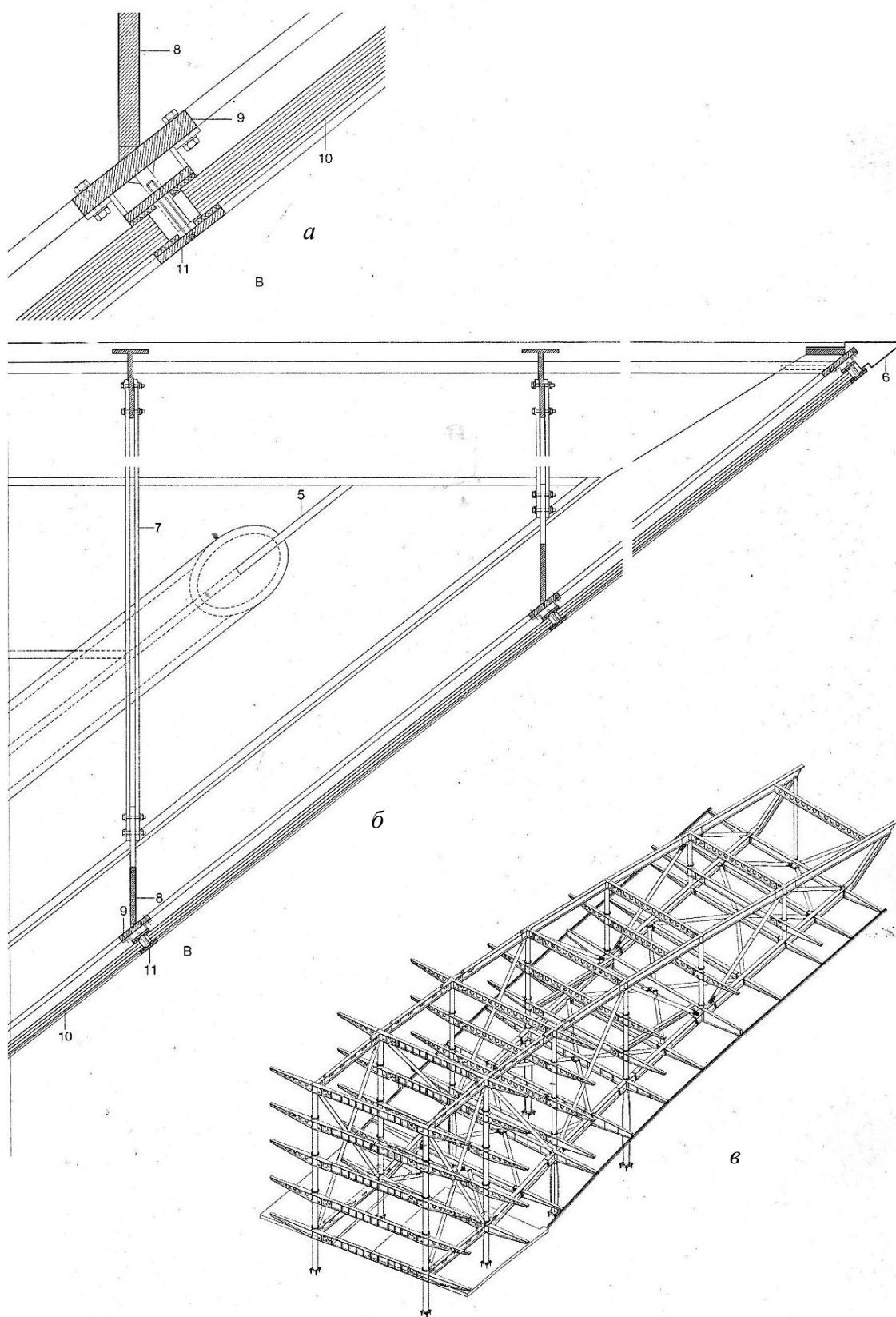
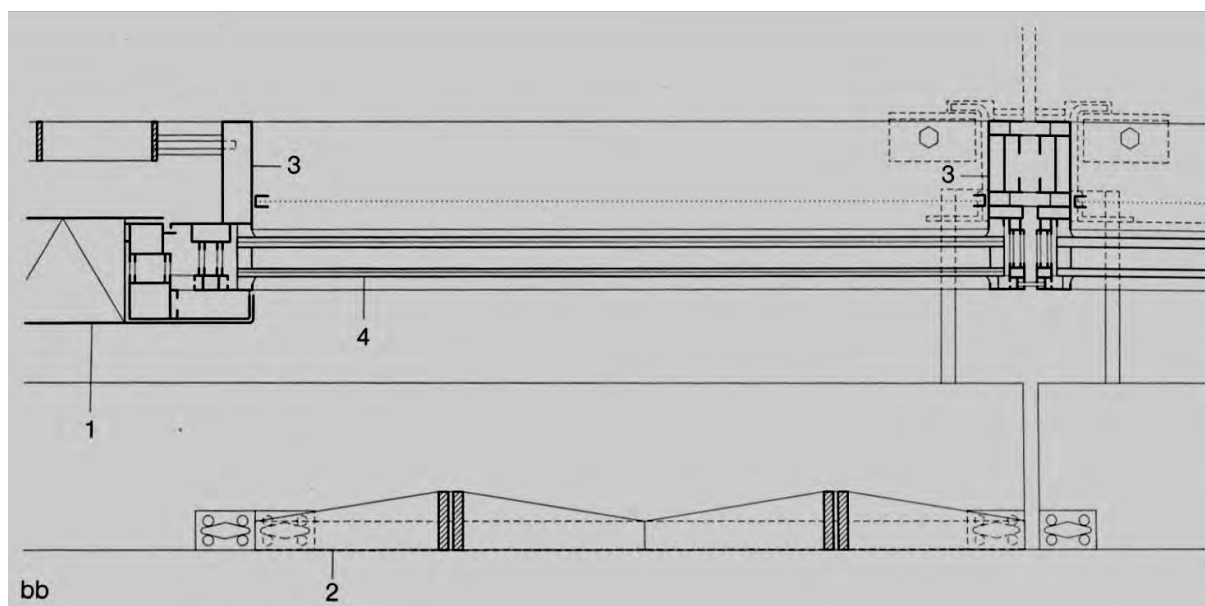


Рис. 12.8. Структура стальной консоли: *а* – деталь, *б* – разрез, *в* – изометрия



a



б

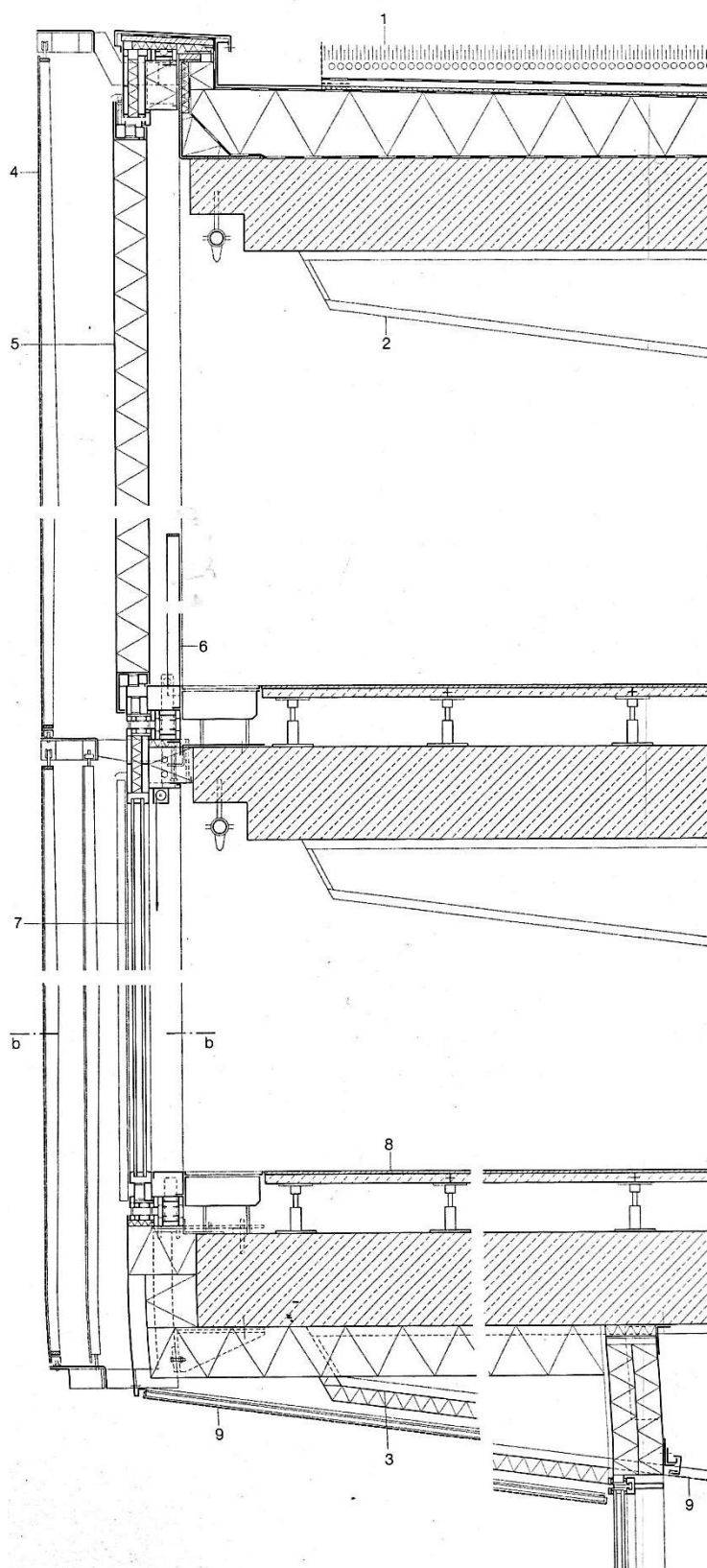


в

Рис. 12.9: *a* – фрагмент плана со светопрозрачным ограждением: 1 – 107 мм сэндвич-панель, облицованная холоднокатаным 3 мм алюминиевым листом с порошковым покрытием; 2 – подвижный (скользящий) элемент, обтянутый стальным оцинкованным просечно-вытяжным листом (сеткой) 25/13,5/5/1,52 мм, по несущим стальным профилям 27–60/10 мм; 3 – алюминиевый откос; 4 – зафиксированное (неподвижное) остекление в алюминиевой раме: 8 мм листового флоат-стекла + 20 мм воздушной прослойки + 11 мм ламинированного безопасного стекла; *б, в* – виды светопрозрачного ограждения

Рис. 12.10. Поперечный разрез:

1- растительный слой 100–220 мм по фильтрующему слою, дренажный и накопительный слой из полиэтилена 20 мм, материал на основе резины 10 мм, 2 слоя гидроизоляции на основе битума, теплоизоляция EPS 100–220 мм по уклону 2 %, пароизоляция, защитное покрытие по железобетонной плите 300 мм.
 2 – стальная консольная двутавровая балка 700-190/300-197/30 мм с покрытием;
 3 – стальная консольная двутавровая балка 700-190/354-197/30 мм;
 4 – подвижный (скользящий) элемент, обтянутый стальным просечно-вытяжным листом (сеткой) 25/13.5/5/1,52 мм, по несущим стальным профилям 27-60/10 мм, все элементы оцинкованы и с покрытием;
 5 – сэндвич-панель толщиной 107 мм, облицованная холоднокатаным 3 мм алюминиевым листом с порошковым покрытием;
 6 – защитное ограждение: оцинкованная листовая сталь с покрытием 40/5 мм;
 7 – зафиксированное (неподвижное) остекление в алюминиевой раме: 8 мм листового флоат-стекла + 20 мм воздушной прослойки + 11 мм ламинированного безопасного стекла;
 8 – паркет из ясеня $\delta = 10$ мм, наклеенный на щиты 600/600 мм $\delta = 30$ мм; пустотная конструкция пола поверх железобетонной плиты 300 мм;
 9 – облицовка - оцинкованный просечно-вытяжной натянутый лист (сетка) с порошковым покрытием 16/8/1, 5/1 мм;
 10 – стальная пустотелая колонна $\varnothing 244,5 / 20$ мм;
 11 – стальная пустотелая колонна $\varnothing 323,9 / 50$ мм;
 12 – офисные перегородки из закалённого стекла 10 мм;
 13 – стальная двутавровая балка с круглыми отверстиями 700/300/30 мм;
 14 – стальная двутавровая балка 700/345/30 мм;
 15 – освещение через покрытие атриума: закалённое стекло 8 мм + 16 мм воздушная прослойка + 2×8 мм частично закалённое стекло



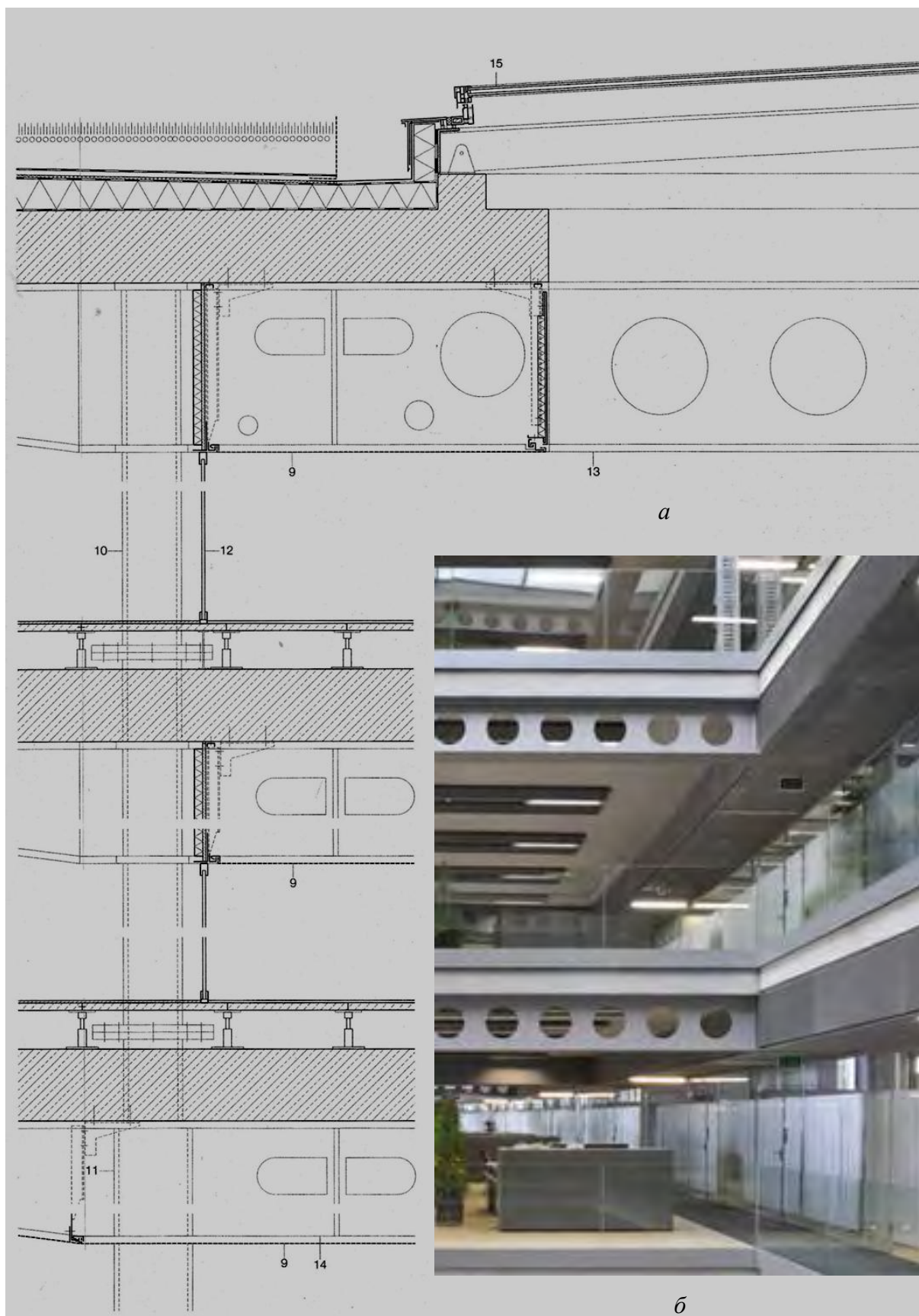


Рис. 12.11: *а* – поперечный разрез; *б* – вид атриума

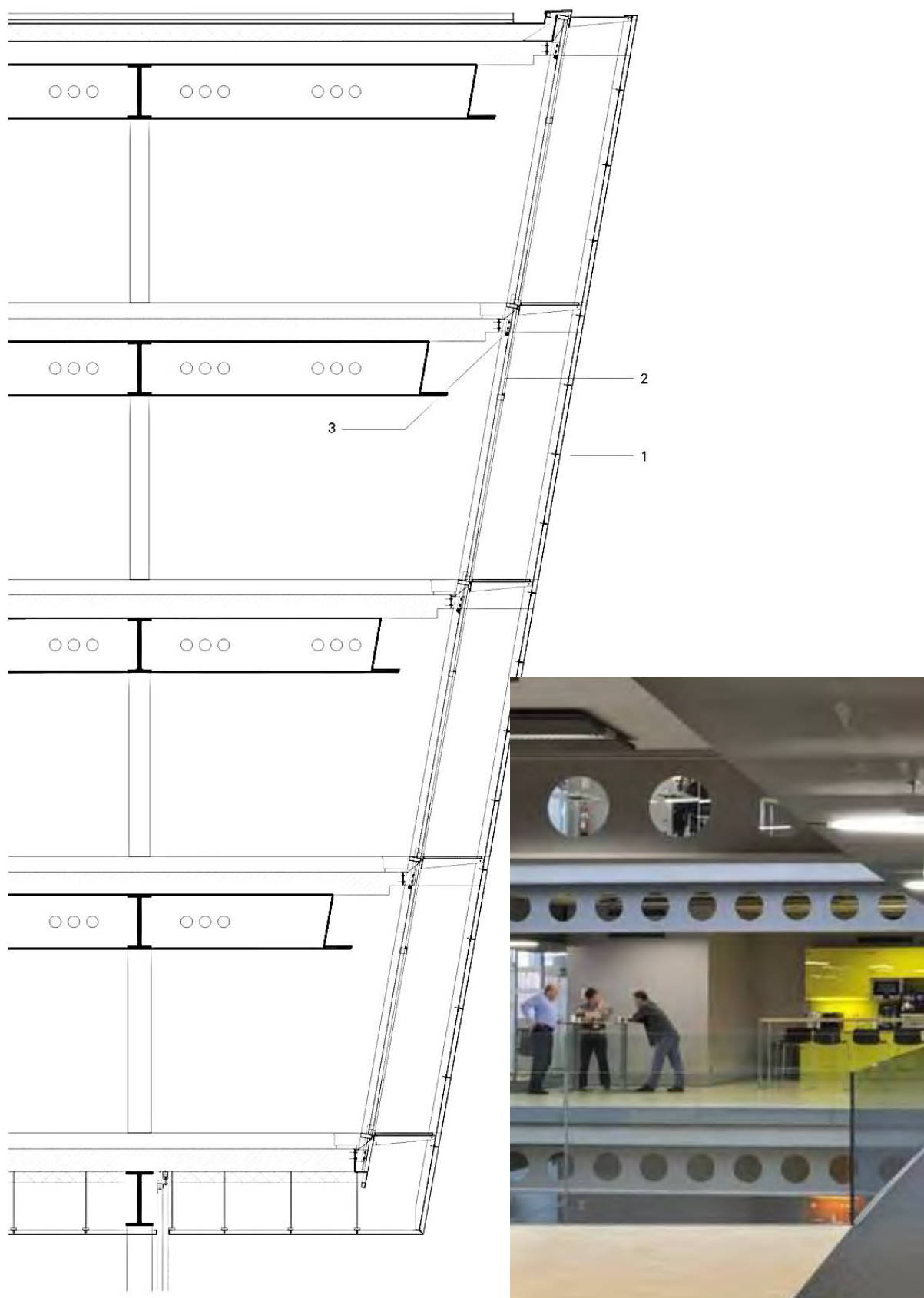


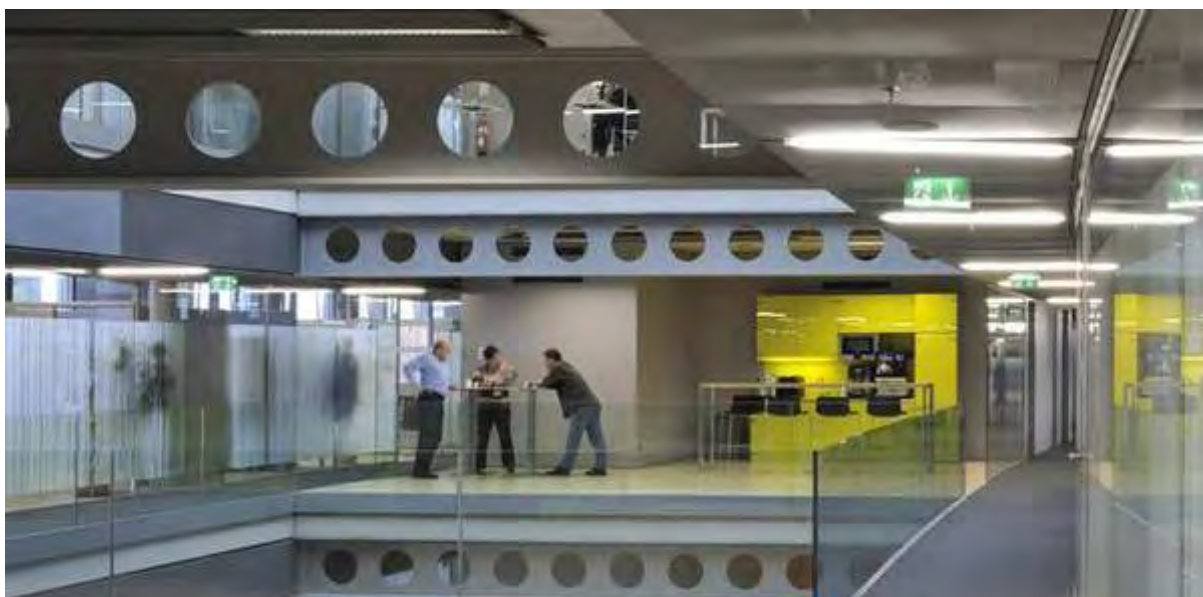
Рис. 12.12: *a* – продольный разрез (по торцу здания): 1 – солнцезащитные элементы – оцинкованные с покрытием стальные просечно-вытяжные сетки; 2 – сплошное остекление на всю высоту этажа; 3 – защита от бликов; *б* – вид изнутри атриума



а



б



в



г

Рис. 12.13: *а, б, в, г* – интерьеры

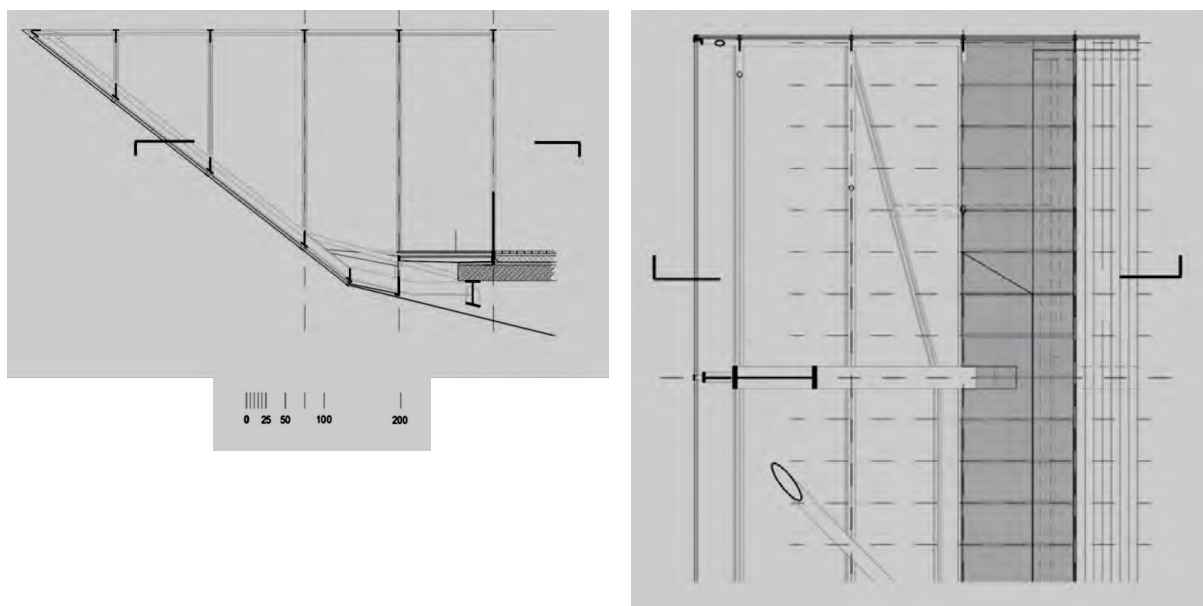


Рис. 12.14: *a* – разрез объема выдвижной консоли;
б – фрагмент плана объема выдвижной консоли

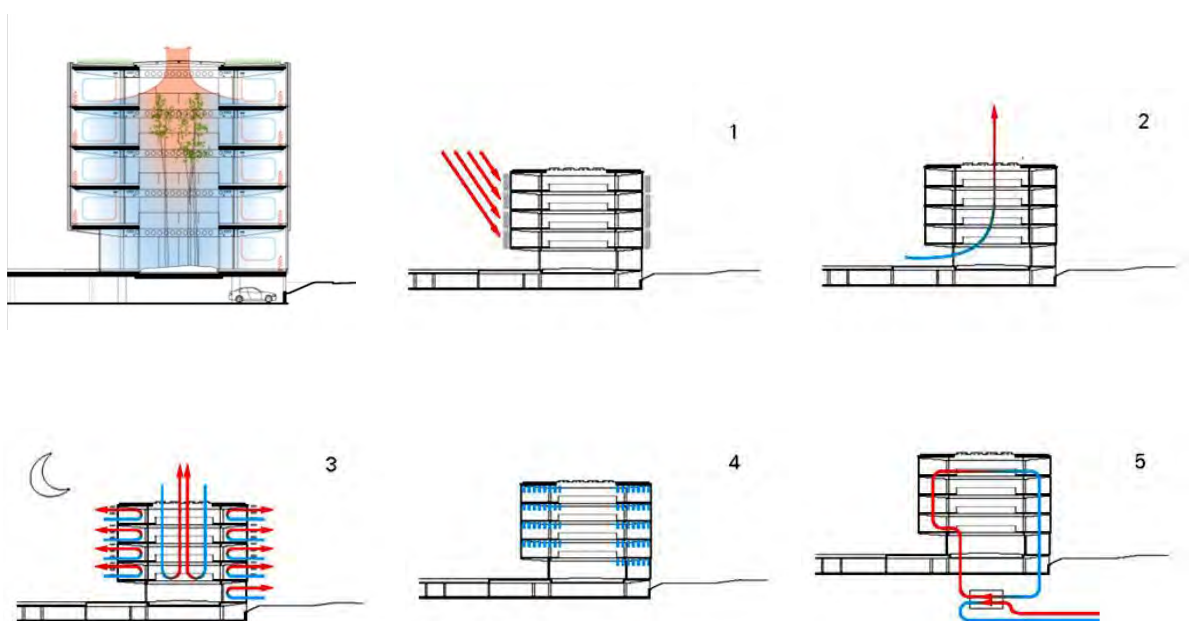


Рис. 12.15. Климатконтроль: 1 – противобликовая защита; 2 – сквозная вентиляция;
 3 – ночное охлаждение по раздельной вентиляции; 4 – максимизация эффективной
 теплоизоляции перекрытий и покрытий; 5 – переработка избыточного тепла
 промышленных предприятий

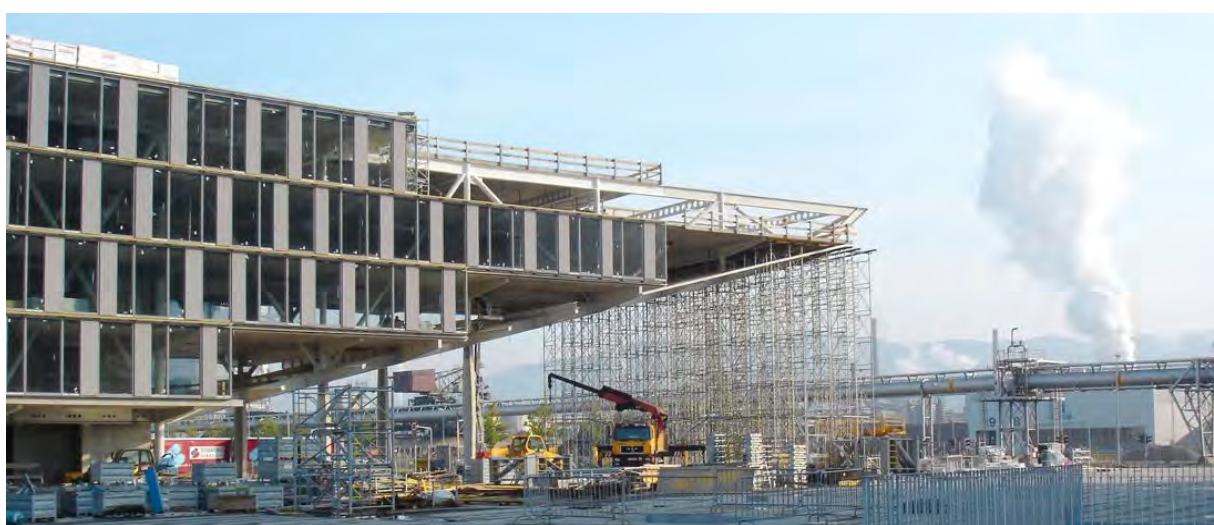


Рис. 12.16. Строительные работы (возведение консоли)

13. ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ МЮНХЕН 1

Архитекторы: Ackermann und Partner Architekten, Munich, строительные конструкции: Obermeyer Planen+Beraten, Munich, начало проектирования 1999 г., строительство 2003 г.

Как внушительные исполины возвышаются над местностью башни брожения очистной станции «Мюнхен 1» – главные элементы реактора на окраине города, представляющий собой градостроительное завершение всего комплекса городских очистных сооружений, расположившегося по соседству с футбольным стадионам Альянс-Арена и рекультивированным холмом, бывшим хранилищем мусора, при въезде на скоростную трассу А9.

Объёмно-пространственная композиция сооружения состоит из четырёх усечённых конусообразных структур, возвышающихся над землёй, равномерно расположенных по радиусу вокруг вертикальной центральной башни, объединённых с ней в единое целое по верхнему уровню горизонталями изящных мостов – транспортных галерей, образуя в плане полукруг. Такое композиционное построение было продиктовано не столько эстетическими соображениями, сколько техническими требованиями ограничения нагрузки, отведенной площадью и формой участка. Валовый объём башен составляет 58 тыс. м³ при объеме каждой – 14,5 тыс. м³ (рис. 13.1–13.4).

Эти очистные сооружения – второй по величине производитель возобновляемых источников энергии (биогаза) в Германии – подтверждают, что объекты промышленной архитектуры располагают неисчерпаемым потенциалом индивидуального дизайна. С помощью насосной станции биомасса (органические отходы канализационных вод) подается в реактор, который представляет собой подогреваемый и утепленный бетонный резервуар, оборудованный миксерами. Высота каждого реактора – почти 50 м, диаметр 32 м, в них живут полезные бактерии, питающиеся биомассой. Биогаз является продуктом жизнедеятельности бактерий, для поддержания жизни которых нужны периодическое перемешивание и температура в реакторе 35–38 °С. Далее газ перемещается по четырём мостам, в центральную стальную башню. В подземной части башни размещено технологическое оборудование. Из полученного биогаза вырабатывается энергия.

Внешняя оболочка – гранёный вентфасад с облицовкой анодированными алюминиевыми горизонтальными кассетами, подчёркивает гигантские формы башен. По предварительно напряжённому монолиту круглых, наклонных стен бункера толщиной от 350 до 3700 мм уложен утеплитель с $\delta = 140\text{--}200$ мм. Мосты – объёмные фермы пролётом 32 м, V-образного поперечного сечения, с провисающим нижним поясом, состоящие из верхних горизонтальных поясов, объединённых поперечными балками и горизонтальными связями, с подкосами из круглых труб и нижнего растянутого пояса из двух круглых стержней, служат для пропуска путепроводов (рис. 11.5–11.7).

Несмотря на сложности при получении разрешения на строительство и трудный процесс возведения сооружения, который составил 10 лет, проект был реализован со стоимостью 63 млн евро.



a



б

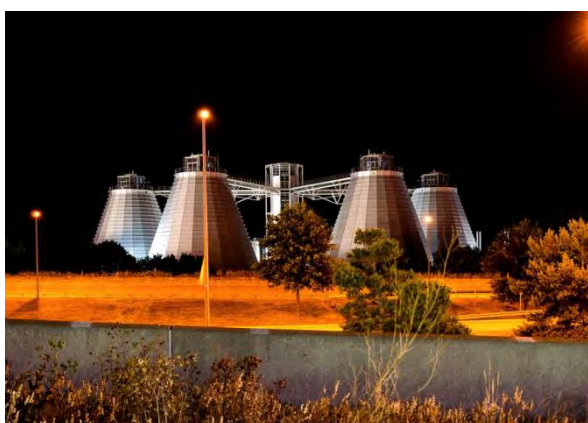


в

Рис. 13.1: *a* – общий вид; *б* – генплан; *в* – вид с самолета – панорамный ракурс А



а



б



в



г

Рис. 13.2: *а, в, г* – очистные сооружения на этапе строительства; *б* – вид ночью



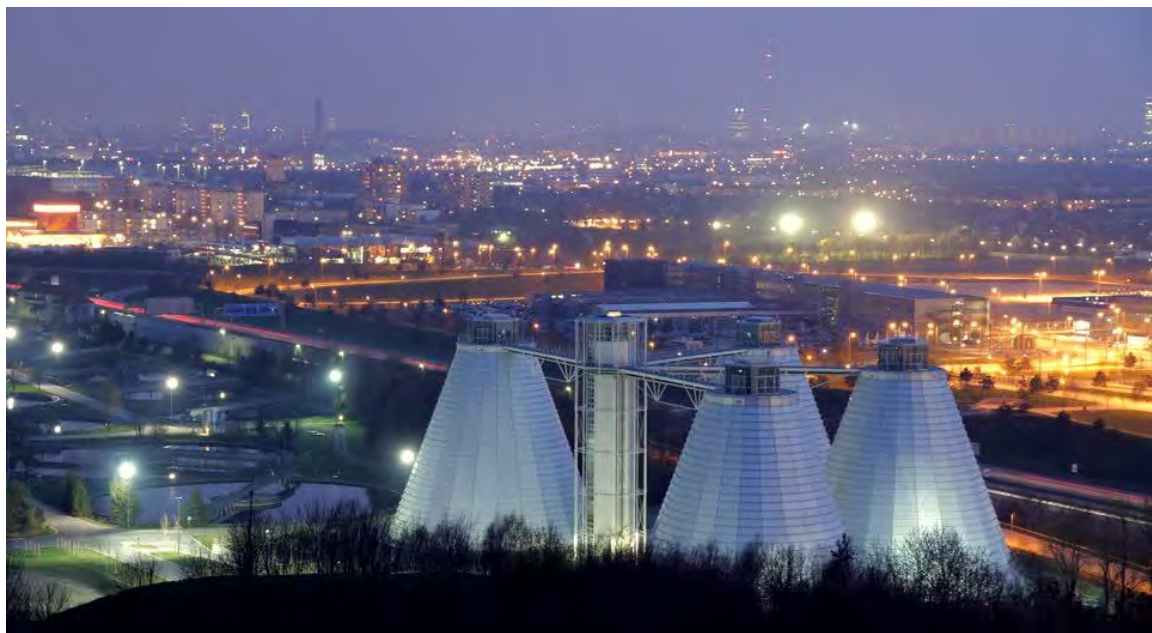
a



б



в

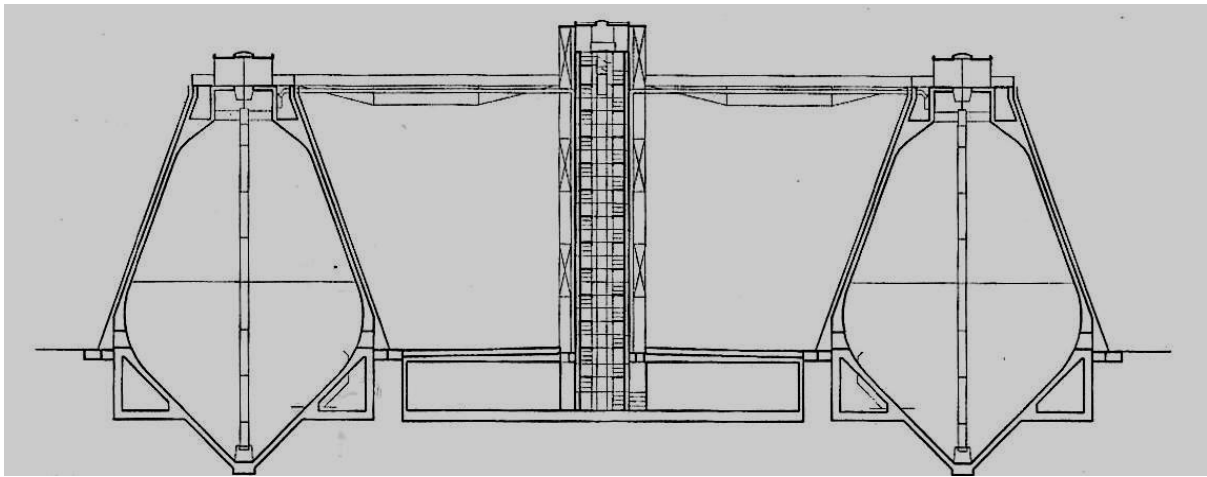


г

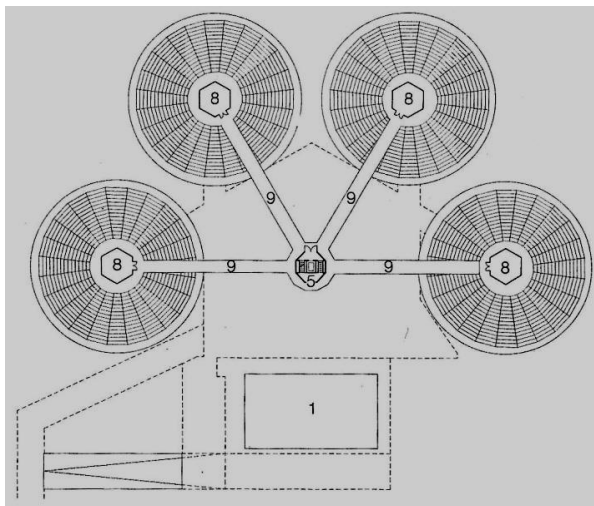
Рис. 13.3: *a, б* – возведение башен и мостов, *в* – сооружения днем;
г – сооружения ночью



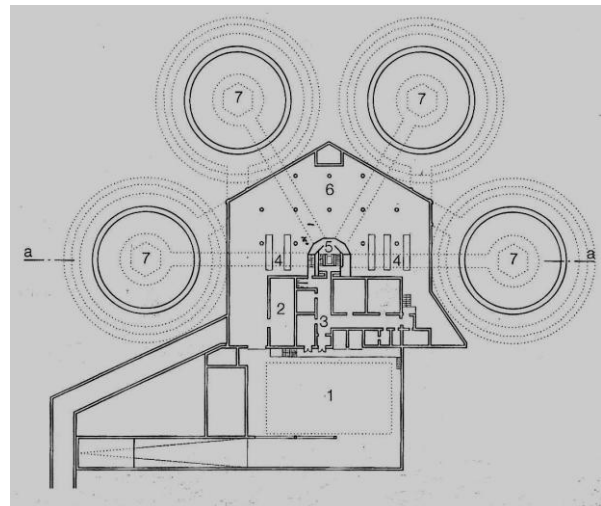
a



б



в



г

Рис 13.4: *a* – общий вид; *б* – разрез; *в, г* – планы: 1 – внутренний двор; 2 – вентиляционная шахта; 3 – техническое помещение; 4 – теплообменник; 5 – башня с лестницей; 6 – насосная станция; 7 – резервуар для органических осадков; 8 – сооружение на крыше; 9 – мост



Рис. 13.5: *а* – фрагмент плана резервуара; *б* – разрез: 1 – Ø50/3 мм поручень из нержавеющей стали; 2 – оцинкованная стальная решётка 30 мм; стальная балка двутаврового сечения, $h = 400$ мм; продольная стальная балка двутаврового сечения, $h = 140$ мм; поперечная балка двутаврового сечения, $h = 140$ мм; оцинкованная стальная решётка 40 мм; Ø152,4/12,5 мм стальная труба, воспринимающая распорные нагрузки; $2 \times \text{Ø}80$ мм стальные стержни; 3 – Ø400 мм стальной трубопровод (предизолированная стальная труба, по которой проходит газ); 4 – мощение из бетонных тротуарных плиток, $h = 50$ мм, 400×400 мм; 20 мм слой крупнозернистого щебня; гидроизоляционная мембрана; 40–75 мм теплоизоляция из пеностекла; 250 мм железобетонная плита покрытия; 5 – стеклопакет: 2×18 мм частично закаленное стекло; с жалюзи в полости 22 мм; 6 – 150/260 мм алюминиевый швеллер; 7 – зажимы для невидимого крепления алюминиевых кассет; 8 – анодированные алюминиевые кассеты $\delta = 3$ мм; вентилируемый зазор: 120–140 мм алюминиевый швеллер, паропроницаемая гидроизоляция с полиэфирным покрытием; 140–200 мм теплоизоляция; 350–3700 мм предварительно напряженные бетонные стены бункера; 9 – 60 мм решетка из штампованной оцинкованной стали; 10 – крышка люка; 11 – стальная балка двутаврового сечения, $h = 120$ мм; 12 – путепровод для теплообмена; 13 – непрерывный фиксированный алюминиевый профиль

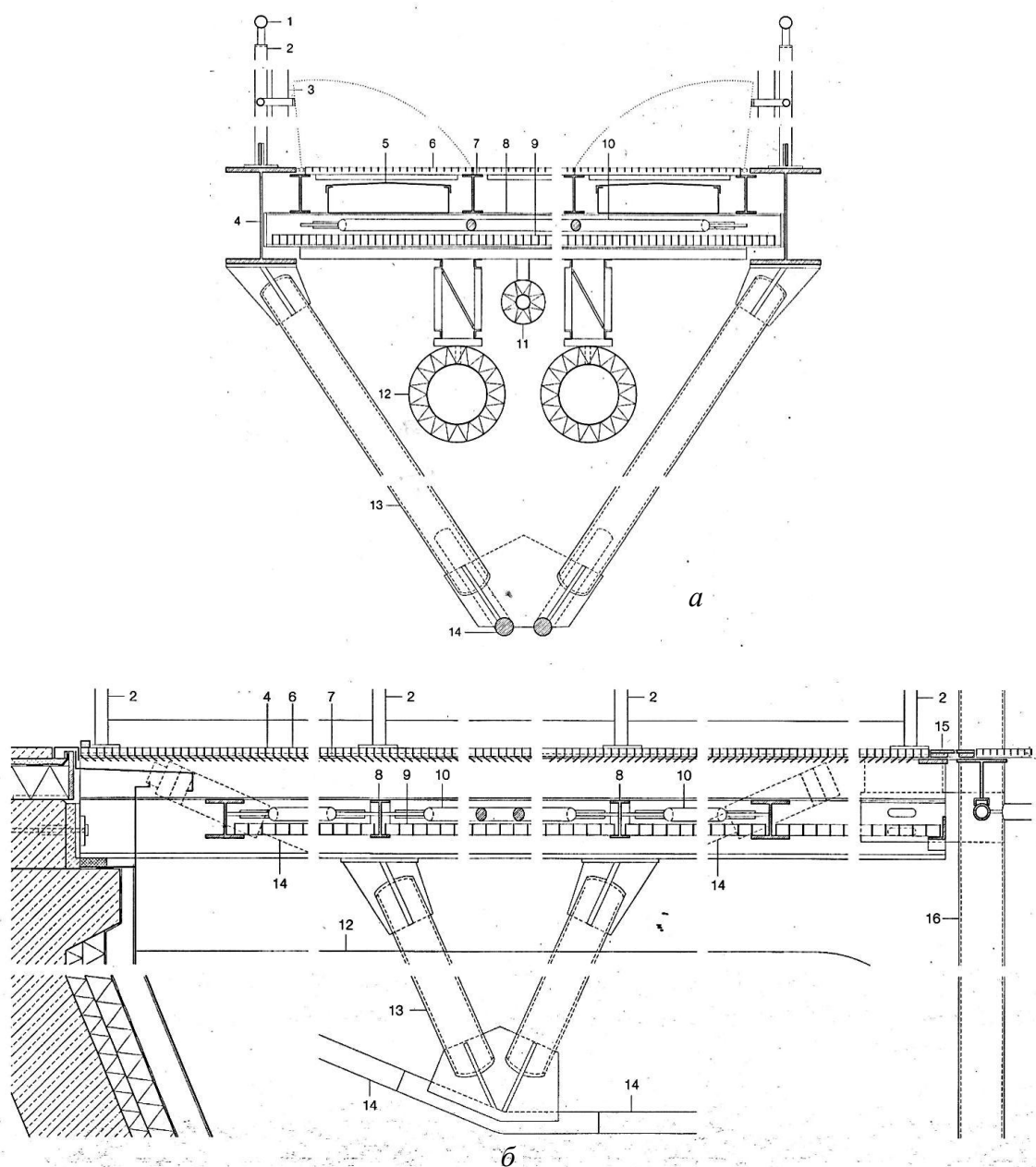


Рис. 13.6: *а* – поперечный разрез моста; *б* – продольный разрез моста; 1 – $\varnothing 50/3$ мм поручень из нержавеющей стали; 2 – $\varnothing 50/9$ мм труба из нержавеющей стали; 3 – светильник, фиксированный зажимом; 4 – стальная продольная балка двутаврового сечения, $h = 400$ мм; 5 – 3 мм лист из нержавеющей стали электроканала; 6 – 30 мм оцинкованная стальная решётка; 7 – стальная продольная балка двутаврового сечения, $h = 160$ мм; 8 – стальная поперечная балка двутаврового сечения, $h = 140$ мм; 9 – 40 мм оцинкованная решётка из штампованной стали; 10 – $\varnothing 50$ мм стальные стержни связи; 11 – $\varnothing 180$ мм стальной трубопровод; 12 – стальной предизолированный трубопровод газового реактора $\varnothing 400$ мм; 13 – $\varnothing 152,4/12,5$ мм трубчатые подкосы из стали; 14 – $2 \times \varnothing 80$ мм стержни из стали; 15 – компенсатор (т. д. ш.); 16 – $\varnothing 168,3/10$ мм стальная труба



a



б



в



г



д

Рис. 13.7: *a, б, в, г* – конструктивные элементы; *д* – вид с самолета – панорамный ракурс Б

14. СТАДИОН «АЛЬЯНС-АРЕНА» (ALLIANZ ARENA) В МЮНХЕНЕ

Общие данные. Начало строительства: 21 октября 2002 г., продолжительность строительства: 30 месяцев, открытие: 31 мая 2005 г., стоимость строительства: около 340 млн евро, застройщик: Allianz Arena München Stadion GmbH, генеральный подрядчик: Alpine Bau Deutschland GmbH, архитекторы: Жак Херцог и Пьер де Мерон, генеральный проектировщик: HVB Immobilien AG, принадлежность стадиона: стадион клубов «Бавария» и «1860 Мюнхен», вместимость: 66 016 зрителей.

Инфраструктура. Арена расположена на севере столицы Баварии в районе Фреттманинга с идеальным движением транспорта по шоссе А9. Здесь находится самый большой в Европе подземный автопарк, который может вместить до 11 тыс. 350 машин. Подведена специальная железнодорожная ветка прямо к воротам «Allianz Arena». Пропускная способность этой ветки – 21 тыс. пассажиров в час. В случае опасности полная эвакуация болельщиков из сооружения производится всего за 15 мин. Кроме того, под трибунами много других помещений: 28 пунктов быстрого питания, 2 фан-ресторана и один обычный, зона магазинов, где с автосалоном Ауди соседствует мир игрушек Lego, 106 отдельных помещений для проведения вечеринок, переговоров, конференций и прочих общественных мероприятий (рис. 14.1–14.3).

Стадион имеет несколько особенностей. Главной достопримечательностью арены считается возможность полного изменения внешней окраски. Это первый подобный проект в мире. Во время игр сборной фасад арены светится белым, когда играет Бавария – красным, Мюнхен-1860 – синим. Чтобы противопоставить красному, голубому и белому освещению нейтральную окраску, концепция архитекторов предусматривала использование серебристых материалов, создающих эффект металла. Специально для этой цели компанией Caparol было разработано недорогое покрытие, соответствующей окраски. «Альянс Арена» является одним из самых известных объектов, созданных с использованием ETFE. Чаша стадиона заключена в «кокон», состоящий из гигантских «подушек». Экстравагантный фасад состоит из размещенных 2760 ромбовидных подушек из ETFE на общей площади 66 тыс. м². ETFE – это полимерный материал нового поколения, сополимер этилена и тетрафторэтилена. Эти структурные единицы в цепи полимера, придают ему лучшие свойства. Ближайшие к ETFE материалы, прочно вошедшие в нашу жизнь это – полиэтилен и тефлон (политетрафторэтилен). Многослойные системы состоят из пневматических мембран-подушек, заключенных в алюминиевые профили и поддерживаемых легкой несущей конструкцией. Чтобы обеспечить должный уровень теплоизоляции и сопротивляемости внешним нагрузкам, в пневмолинзы под низким давлением периодически поступает воздух. Эта технология идеальна для использования в районах с повышенной сейсмической активностью, а также высокими ветровыми

и снеговыми нагрузками. Даже при степени деформации в 200–300 % полимер сохраняет свою форму и не разрывается. Воздух между слоями ETFE, сжимаясь, компенсирует кратковременные нагрузки, уменьшая суммарную нагрузку на подконструкцию здания. ETFE не поддерживает распространения огня, плавится полимер при 275 °С, не образуя при этом капель, вызывающих ожоги. Самоочищающиеся, жароустойчивые, теплоустойчивые и холодоустойчивые панели находятся под постоянным давлением в 350 Па. Позади воздушных «линз» располагаются люминисцентные трубки, обеспечивающие эффектную красную, голубую или белую подсветку здания. Обилие и мощность источников света позволяют даже с расстояния в 75 км понять, какая команда проводит матч в настоящий момент. Особенности реализации освещения: изготовленные специально для этого проекта светильники Siteco с тремя люминесцентными лампами с цветными фильтрами E26, 58 Вт, Siteco Downlights и XXL Downlights. Освещение арены стадиона «Альянс-Арена» — прожекторы Philips ArenaVision.

Трибуны на «Allianz Arena» расположены в три яруса. Трехъярусные трибуны являются уникальными в Бундеслиге. Зрители на самом верху находятся над полем на высоте 39 м. Причем каждый последующий круче, чем предыдущий, что сокращает расстояние между зрителями и полем и создает впечатление «кипящего котла». Уклон трибун здесь самый крутой в мире, самому высокому ряду предоставляется прекрасный обзор, благодаря уклону в 34° каждый зритель даже на верхнем ряду последнего, третьего, яруса будет чувствовать себя в гуще событий. Из-за крутизны трибун, стоячие места находятся на нижнем ярусе.

При вместимости 66 тыс. мест, полное заполнение (вместе со стоячими местами) составляет 69 тыс. 901 место. «Allianz Arena» является одним из пяти стадионов Германии, отнесенных ФИФА к категории элитных и третьим по вместительности в стране.

Размер поля стандартный для Бундеслиги — 105×68 м. Для того, чтобы газон получал больше солнечного света, крыша была сконструирована из специальных панелей, которые пропускают до 98 % ультрафиолета. За воротами, под крышей, на высоте 42 м, расположены два гигантских видеодисплея формата 16:9. Каждый площадью 100 м. На «Allianz Arena» участники матчей появляются в прямом смысле из-под земли, когда открываются специальные ворота. В туннеле, ведущем на поле, перед выходом придется резко спуститься, а потом подняться.

«Allianz Arena» является частным строительным проектом двух крупных мюнхенских футбольных объединений — «ФК Байерн Мюнхен» и «ТСФау 1860 Мюнхен». Из государственных средств была профинансирована исключительно транспортная инфраструктура для стадиона.

«Альянс Арена» в 2004 г была названа в списке пяти самых пожаробезопасных зданий Германии, так как особенностью полимера ETFE является его негорючесть.

Издавека мюнхенский стадион более всего напоминает большую овальную подушку или облако: фасад плавно переходит в стационарную часть крыши (есть также и раздвижная). Тема подушки продолжается и в более мелком масштабе – все внешнее покрытие здания состоит из большого количества ромбовидных пластиковых надутых панелей, в них поддерживается постоянное давление, которое можно изменять в зависимости от погодных условий.

Необыкновенный стадион, стадион-хамелеон, над проектом которого работали швейцарские архитекторы Жак Герцог и Пьер де Мерон достигает 50 м в высоту, длиной 258 м и шириной 227 м. На свои места зрители попадают по приподнятой круговой рампе, опоясывающей весь стадион. Сооружение напоминает необычное сплюснутое облако с оболочкой, состоящей из множества пластиковых надутых подушек, и футбольным полем внутри. Местные жители называют новую постройку то надувной лодкой, то НЛО. Оригинальная конструкция крыши, часть которой складывается подобно вееру, обеспечивает наибольший доступ свежего воздуха и солнечного света во время тренировочных занятий. Но в «час Ч» – на время футбольного матча – крыша искусственно затеняется, дабы сохранить энергетику и интригу спортивного действия, разыгрываемого на арене, которую на тот момент уже освещают 232 мощных прожектора.

Железобетонная многоярусная, рамная, массивная структура в 7 уровней с общей площадью около 160 тыс. м² несёт наклонные ступенчато расположенные перекрытия для сидений зрителей, горизонтальные перекрытия ярусов, стальную конструкцию покрытия выше отметки +35 м и структурные элементы наружного фасада.

Главная структура состоит из монолитных железобетонных конструкций в комбинации с плитами перекрытий и элементами предварительного заводского изготовления для ступеней, укладываемых на наклонные балки. Система несущая вертикальные нагрузки состоит из комбинации колонн и поддерживаемых ими перекрытий различных уровней или пространственных каркасов этажей. Колонны расположены концентрически с шагом примерно 8 м по осям ринга (R_1-R_6) и на 96 радиальных осях, опираются на подушки фундаментов.

Уровень на отметке +35 м – точка, на которой нагрузка на сжатие (5 МН) от покрытия передаётся на железобетонную структуру. Сжимающие усилия передаются на массивные железобетонные конструкции через скользящие шаровые опоры. Нагрузка на растяжение (max 3,3 МН) от консольной фермы покрытия передаётся через самую высокую точку опоры на внешнем фасадном ряде колонн.

Колонны наружного фасада наклонены под углом в 63°. При высотах этажей 4,45 м и с нависанием вышележащих перекрытий в пределах 2,6 м предпочтение отдавалось варианту предварительно изготовленных сборных колонн с обнажением верхней зоны арматурных сеток для сцепления с монолитом периметральной балки перекрытий в уровнях 2–5.

Балки несущие ступени с уклоном $24\text{--}34^\circ$ варьируются в сечении от 80–120 см до 100–140 см и консольно выступают до 4 м. Перекрытия на уровнях 2–7 заканчиваются периметральными монолитными балками шириной 95 см.

Из трёх различных несущих систем так называемая «первичная» («primary») структура (60 % веса) покрытия состоит из 48 консольных стальных решётчатых радиальных ферм с параболической геометрией хорд нижних и верхних поясов. Фермы консольно выступают на 62 м и несут нагрузки, передающиеся через короткие шарнирные колонны от вторичной (secondary) конструкции (40 % веса) крыши. Все нагрузки передаются на расположенное ниже массивное пространственное основание.

Чтобы ограничить относительные деформации между первичной и вторичной конструкциями между решеткой фермы и покрытием были установлены пружинные элементы.

Конструкция покрытия площадью около $40\,000\text{ м}^2$ фиксируется в узлах пересечения элементов вторичного каркаса. Наружное покрытие стадиона площадью около $65\,000\text{ м}^2$ состоит из 2874 ромбовидной формы элементов с размерами диагоналей между 2×7 и 5×17 м. Давление в них – около 300 Па, оно может быть увеличено до max 800 Па, чтобы противостоять ветровым и снеговым нагрузкам.

Подушки из двух слоёв ETFE поддерживаются несущими стальными ромбовидными решётками из двух отдельных слоёв (прокатный прямоугольный профиль $180\times 180\times 5\text{--}16$ мм) (рис. 14.4–14.9).

Кроме создания оболочки и организации подсветки фасадов, панели ETFE участвуют в данном сооружении и в процессах вентиляции: предусмотрено 19 панелей на высоте 51,41 м, которые могут открываться.

Альянс-Арена – чудо архитектурной мысли, дерзость инженерии, четко просчитанный, сбалансированный кропотливый труд тысяч профессионалов, воплотившийся в грандиозный шедевр современных технологий.

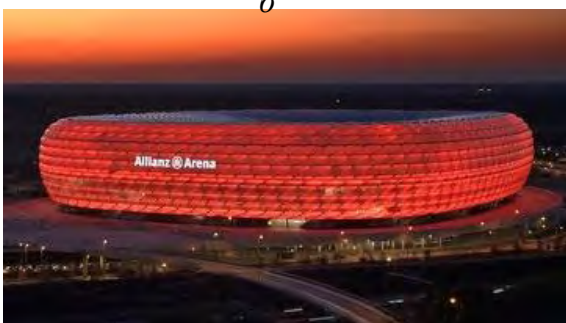




a



б



в



г



д



е



ж

Рис. 14.1: Освещение арены:

a – игры сборной;

б – игры Мюнхен – 1860;

в – игры Баварии;

г, д, е, ж – другие варианты освещения;

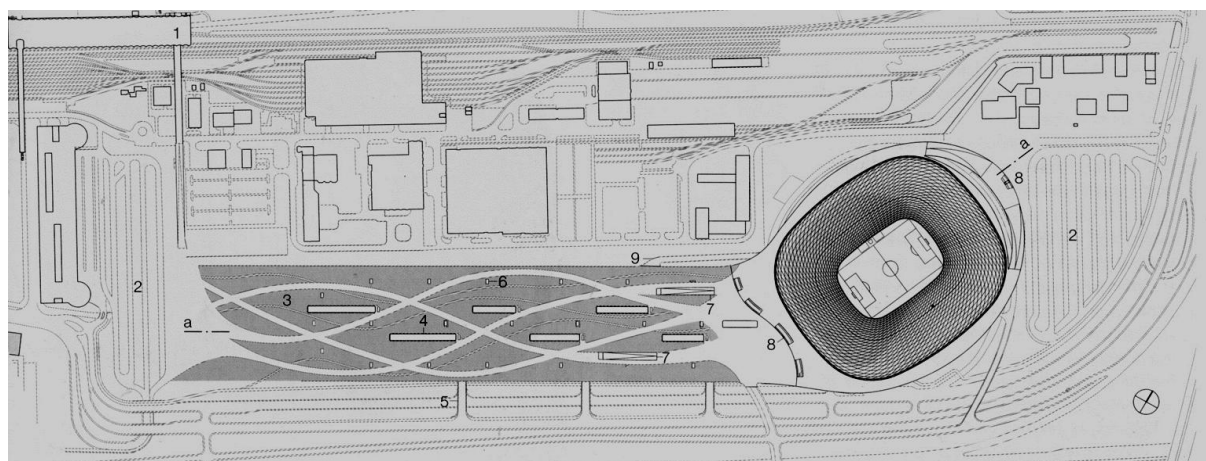
з – вид сверху



з



a



б



в

Рис. 14.2. Общий вид: *a* – внутри; *б* – генплан; *в* – вид сверху



a



б

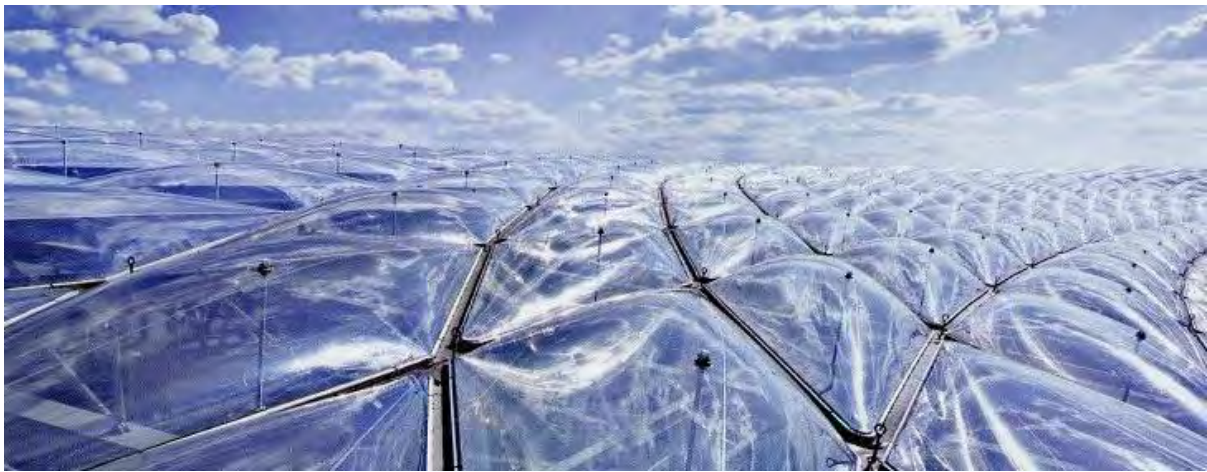


в

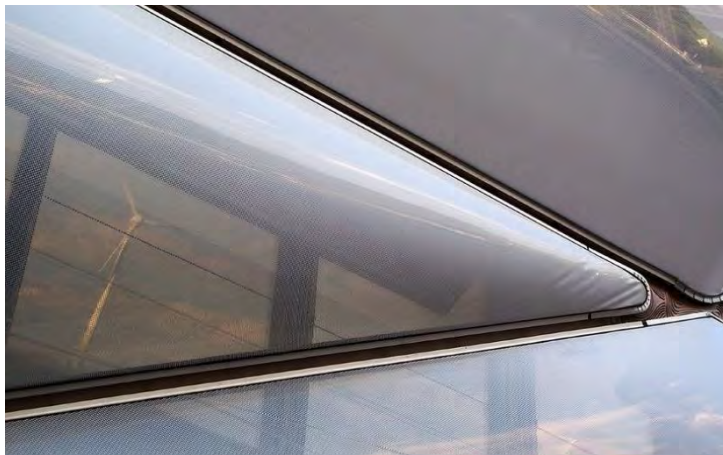


г

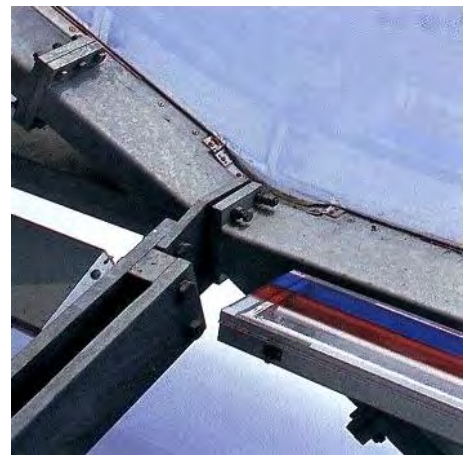
Рис. 14.4: *a, б* – арена на этапе строительства; *в, г* – конструктивные элементы



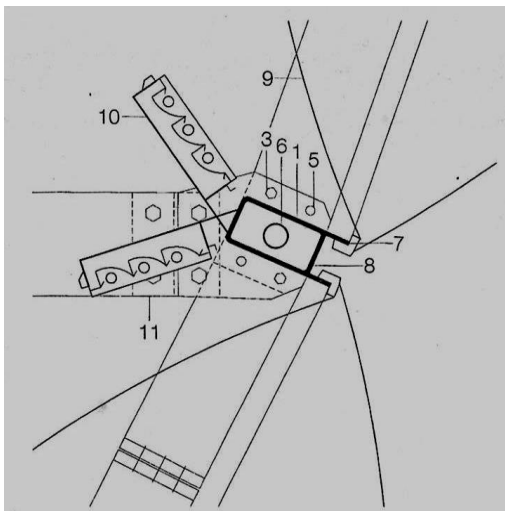
a



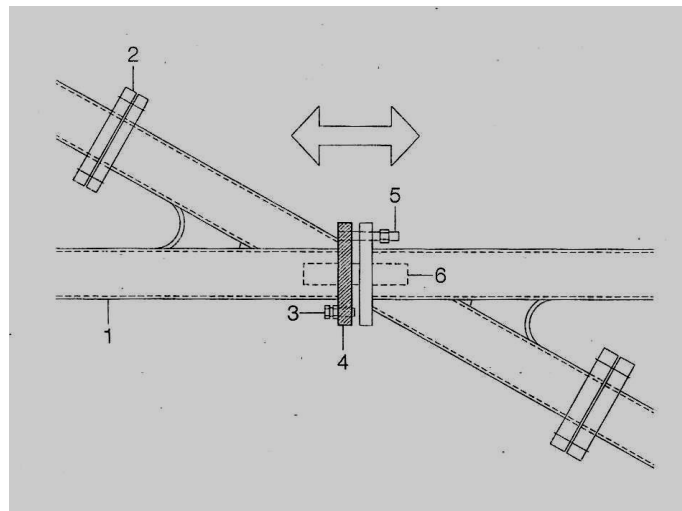
б



в



г



д

Рис. 14.5: *a* – оболочка; *б, в* – температурный шов; *г, д* – температурный шов (чертежи): 1 – 120/220 стальной РИТ; 2 – упор из листового металла с отверстиями; 3 – Ø20 мм шуруп для уменьшения сжатия; 4 – 250/30 мм стального проката; 5 – Ø20/140мм резьбовой стержень для уменьшения напряжения; 6 – Стальной болт; 7 – Край из стального профиля; 8 – полиолефиновая часть в районе шва с формованным профилем для предотвращения смещения; 9 – 0,2 мм ETFE покрытия; 10 – 3,500/300/60 мм освещение (три цвета); 11 – 2×250/30 мм стального проката

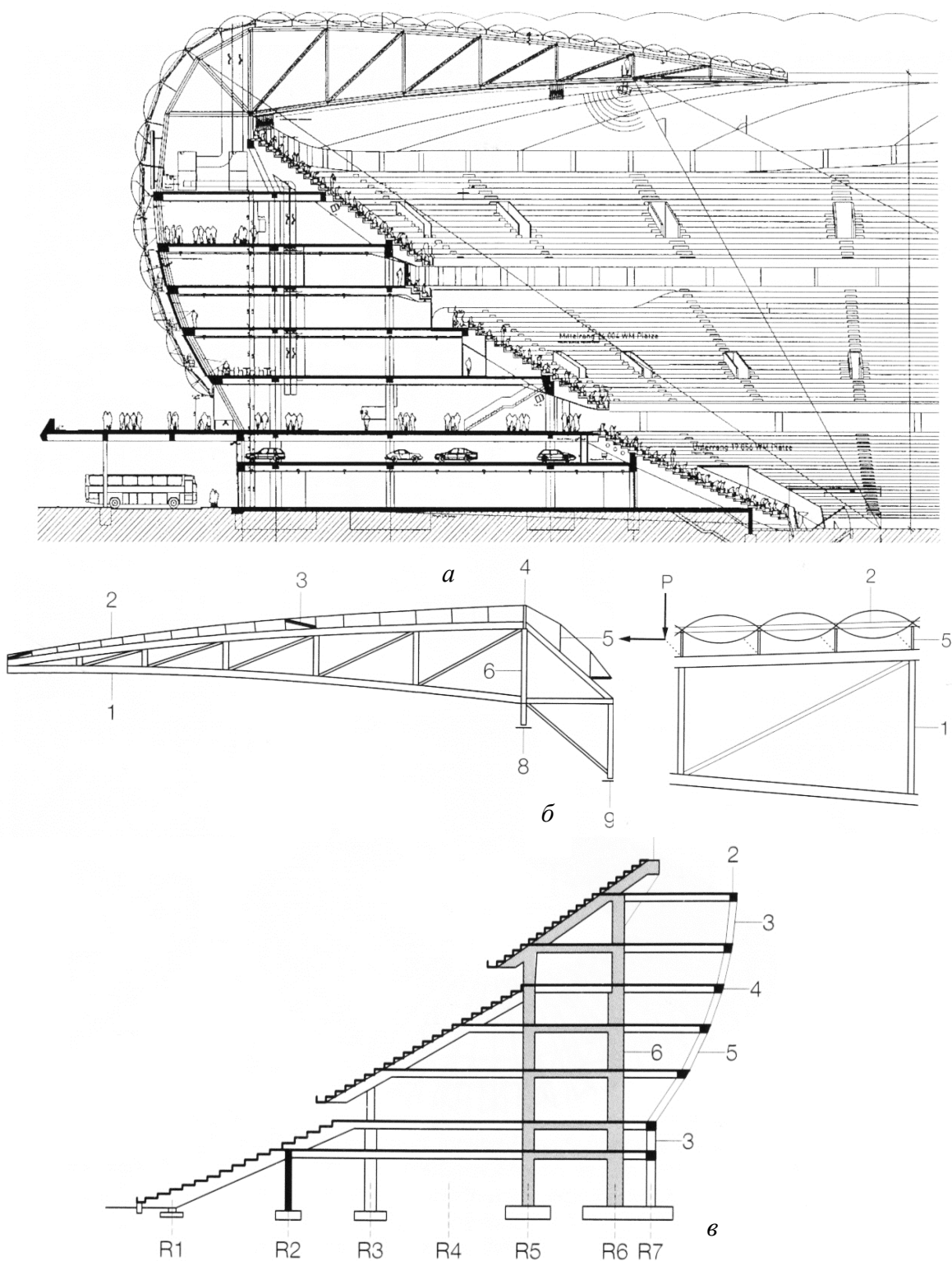


Рис. 14.6: *а* – продольный разрез стадиона; *б* – диаграмма структуры крыши: 1 – основная структура; 2 – вторичная структура; 3 – пружинно-скрученный стержень; 4 – тангенциальная связь основной и вторичной структуры; 5 – столбики на петлях; 6 – кольцевое крепление: стальная связь; 7 – стык между крышей и вертикальным фасадом; 8 – шарикоподшипник; 9 – подшипник; *в* – разрез бетонной конструкции: 1 – сферические подшипники для стальной структуры; 2 – подшипники для стальной структуры (растяжение/сжатие); 3 – соединительная колонна; 4 – крайняя балка; 5 – центрифугированная бетонная колонна; 6 – железобетонный каркас

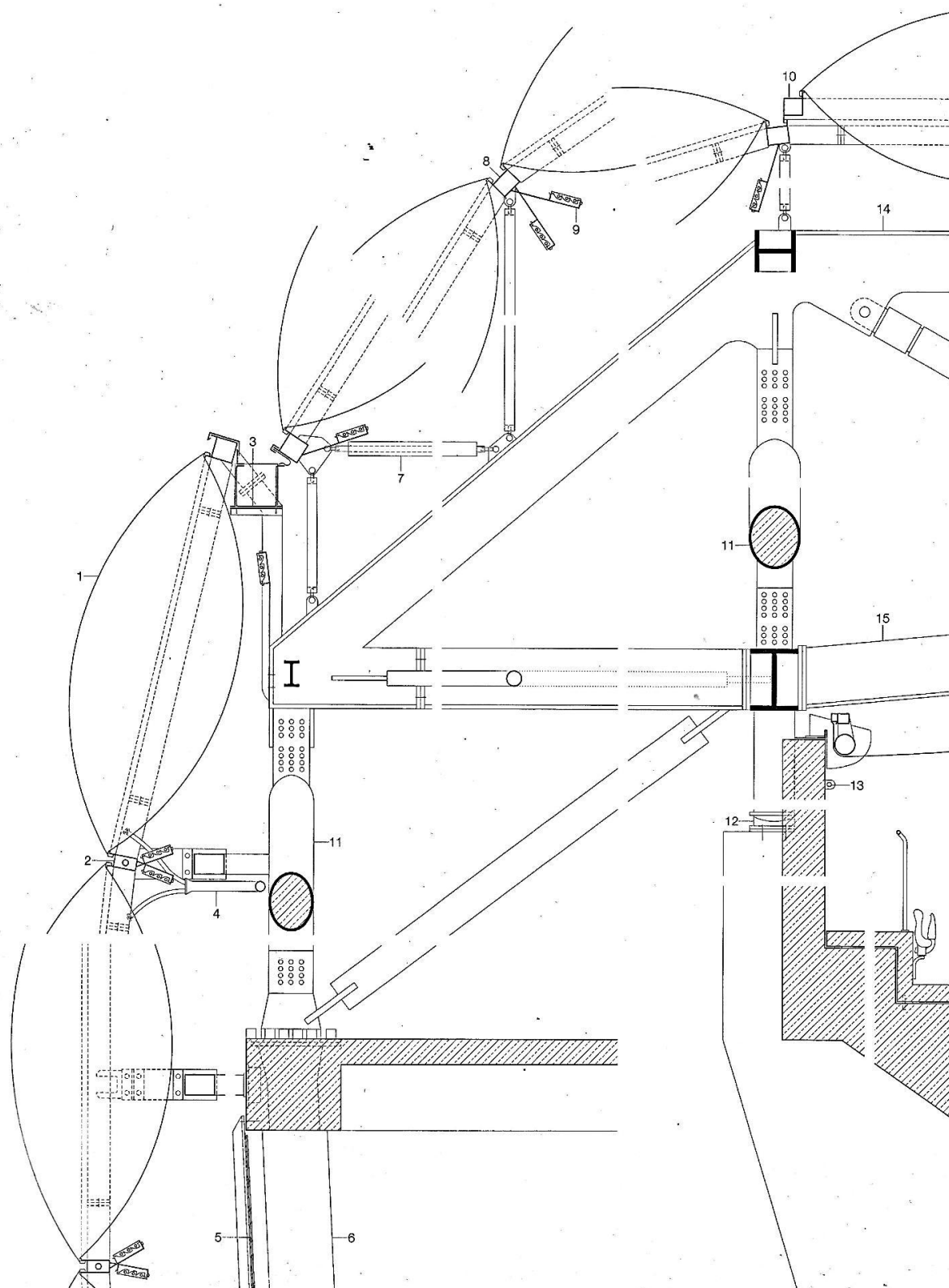


Рис. 14.7. Разрез крыши, западная трибуна



а

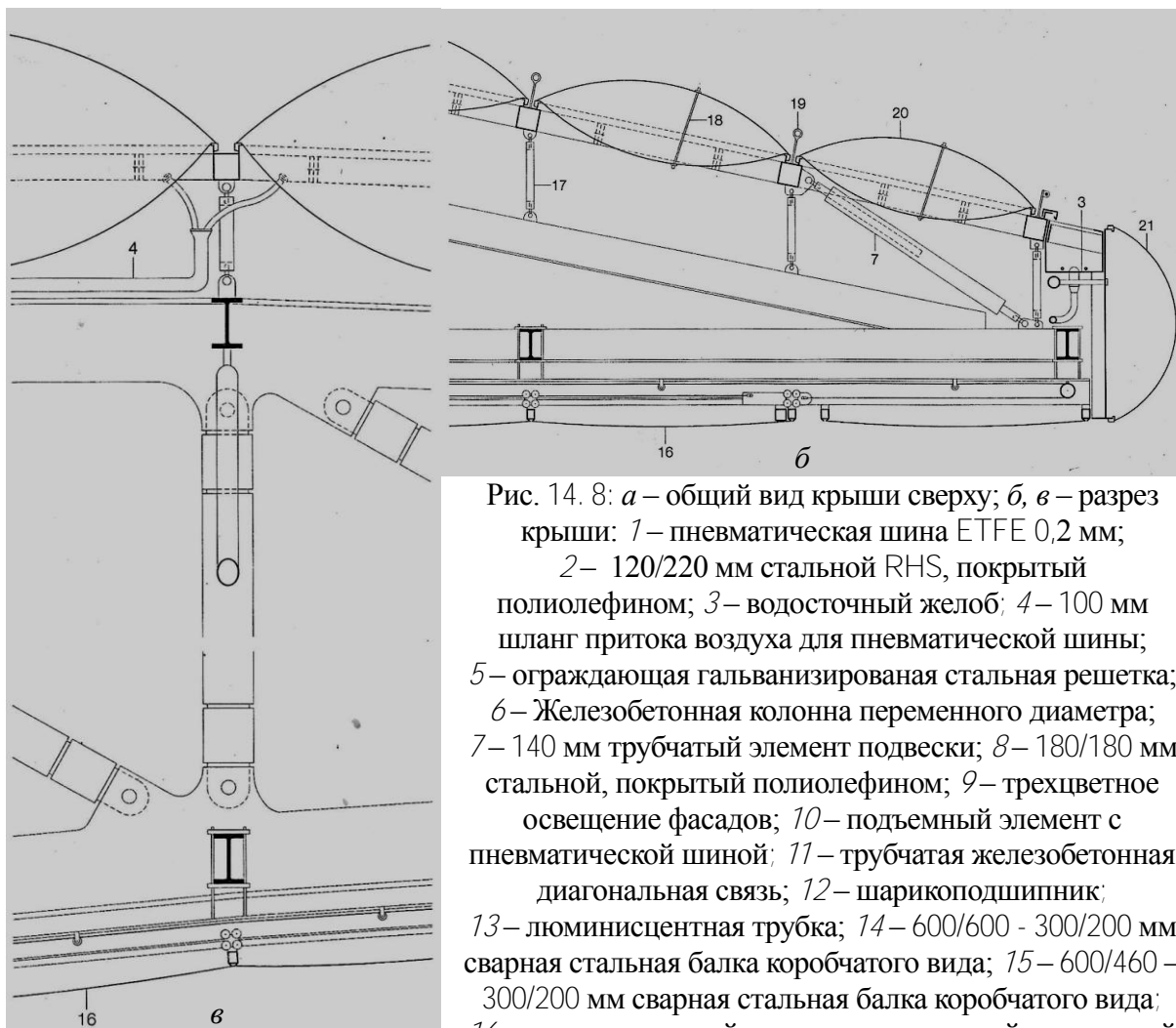


Рис. 14. 8: *а* – общий вид крыши сверху; *б, в* – разрез крыши: 1 – пневматическая шина ETFE 0,2 мм; 2 – 120/220 мм стальной RHS, покрытый полиолефином; 3 – водосточный желоб; 4 – 100 мм шланг притока воздуха для пневматической шины; 5 – ограждающая гальванизированная стальная решетка; 6 – Железобетонная колонна переменного диаметра; 7 – 140 мм трубчатый элемент подвески; 8 – 180/180 мм стальной, покрытый полиолефином; 9 – трехцветное освещение фасадов; 10 – подъемный элемент с пневматической шиной; 11 – трубчатая железобетонная диагональная связь; 12 – шарикоподшипник; 13 – люминисцентная трубка; 14 – 600/600 - 300/200 мм сварная стальная балка коробчатого вида; 15 – 600/460 – 300/200 мм сварная стальная балка коробчатого вида; 16 – полиуретановый и стекловолоконный подвижный софит; 17 – трубчатая шарнирная колонна переменного диаметра; 18 – дренажная аварийная труба; 19 – закрепитель из нержавеющей стали; 20 – пневматическая шина; 21 – торцевая шина, белый ETFE 0,2 мм

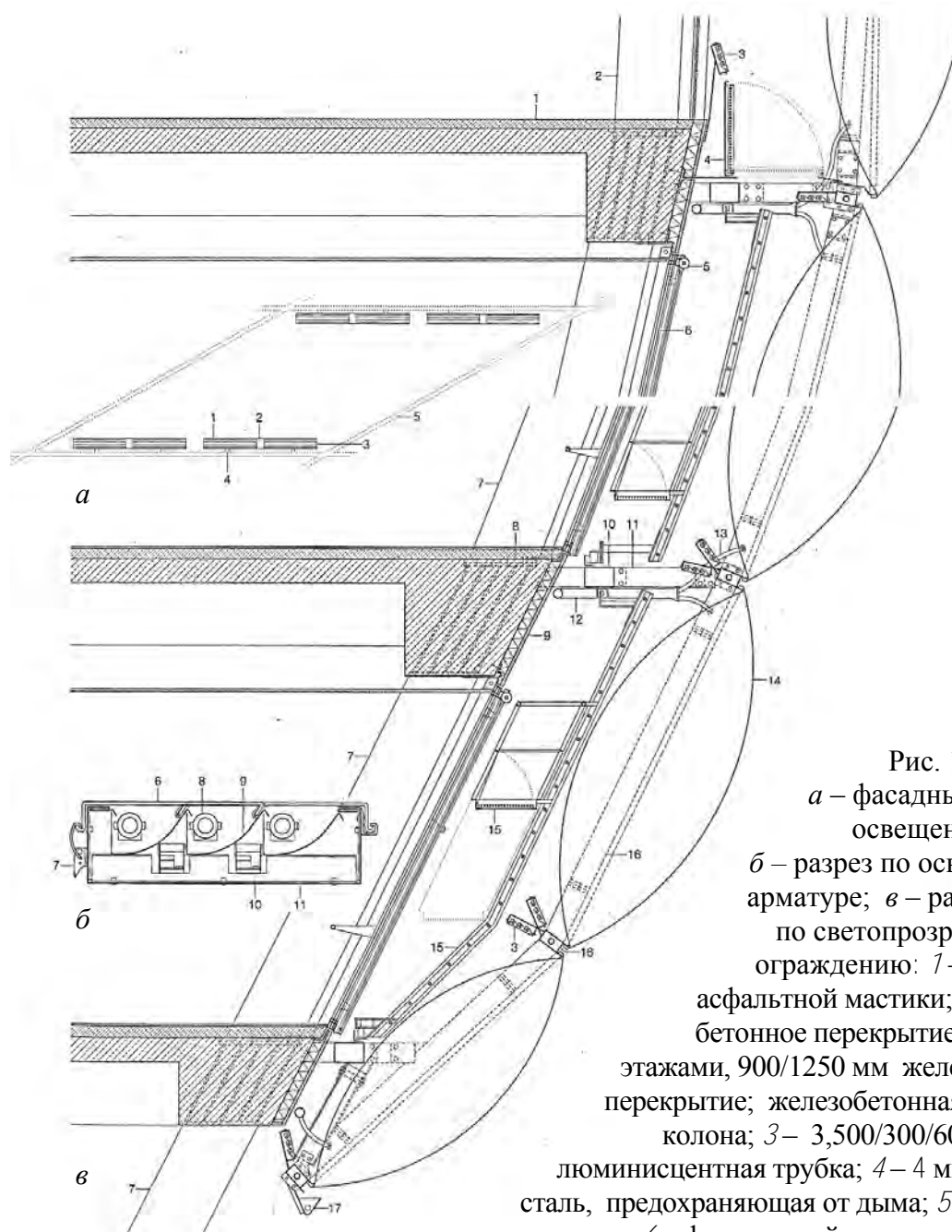


Рис. 14.9:

а – фасадный отсек с освещением;

б – разрез по осветительной арматуре; *в* – разрез стены по светопрозрачному ограждению;

1 – 60 мм асфальтной мастики; 2 – 50 мм бетонное перекрытие между этажами, 900/1250 мм железобетонное перекрытие; железобетонная составная колонна; 3 – 3,500/300/60 мм

люминисцентная трубка; 4 – 4 мм листовая сталь, предохраняющая от дыма; 5 – штора на роликах; 6 – фасад с двойным остеклением;

7 – сборная бетонная колонна (переменное 1); 8 – болт, фиксирующий железобетонную колонну; 9 – 2*12,5 мм защитное покрытие из волокнистого цемента, 100 мм шерсть минеральная, железобетонный ригель; 10 – 300/200 мм стальной RHS с рельсом; 11 – 2*100/80 мм гальванизированные стальные скобы; 12 – 100 мм воздуховод к фасаду; 13 – 50 мм полиэтиленовая воздушная труба; 14 – пневматическая мембрана ETFE; 15 – подвижная система; 17 – 6 мм гальванизированный стальной водосточный желоб; 18 – двойной элемент осветительной системы 3,500/300/60 мм с 6 флуоресцентными лампами и электрическим механизмом контроля; 19 – открытое отверстие; 20 – съёмный край пластины для прокладки кабеля; 21 – 50/3 мм гальванизированный стальной элемент; 22 – вспомогательная конструкция: 120/220 мм гальванизированная стальная RHS; 23 – 350/30/3 мм прозрачная крышка с красным и голубым слоями; 24 – зажимная скоба; 25 – флуоресцентная лампа; 26 – алюминиевый отражатель; 27 – электронный механизм контроля; 28 – 0,7 мм стальная оболочка

17 – сборная бетонная колонна (переменное 1); 8 – болт, фиксирующий железобетонную колонну; 9 – 2*12,5 мм защитное покрытие из волокнистого цемента, 100 мм шерсть минеральная, железобетонный ригель; 10 – 300/200 мм стальной RHS с рельсом; 11 – 2*100/80 мм гальванизированные стальные скобы; 12 – 100 мм воздуховод к фасаду; 13 – 50 мм полиэтиленовая воздушная труба; 14 – пневматическая мембрана ETFE; 15 – подвижная система; 17 – 6 мм гальванизированный стальной водосточный желоб; 18 – двойной элемент осветительной системы 3,500/300/60 мм с 6 флуоресцентными лампами и электрическим механизмом контроля; 19 – открытое отверстие; 20 – съёмный край пластины для прокладки кабеля; 21 – 50/3 мм гальванизированный стальной элемент; 22 – вспомогательная конструкция: 120/220 мм гальванизированная стальная RHS; 23 – 350/30/3 мм прозрачная крышка с красным и голубым слоями; 24 – зажимная скоба; 25 – флуоресцентная лампа; 26 – алюминиевый отражатель; 27 – электронный механизм контроля; 28 – 0,7 мм стальная оболочка

ЛИТЕРАТУРА

1. Berkel B. , Bos C. The Museum of the 21st Century / B. Berkel , C. Bos // DETAIL. – 2006. – № 9. – P. 973 – 979.
2. Sobek W., Klein D. Structural Engineering – Complex Geometry in 3D / W. Sobek, , D.Klein // DETAIL. – 2006. – № 9. – P. 980 – 982.
3. Wenzel M. From 3D to 1:1- **Concreting the «Twist»** / M. Wenzel // DETAIL. – 2006. – № 9. – P. 983 – 984.
4. UN Studio. The Facade in Detail / UN Studio // DETAIL. – 2006. – № 9. – P. 985 – 987.
5. HG Merz, Thiemeyer T. Staging the Brand - The Museum Concept and Exhibition Design / HG Merz ,T.Thiemeyer // DETAIL. – 2006. – № 9. – P. 988 – 992.
6. TATLINPLAN. – 2007. – № 1(1) 45. с. 67.
7. Foster N. Office Buildings and Environmental Responsibility / N.Foster // DETAIL. – 2002. – № 9. – P. 1088 – 1091.
8. Thonger J., Glover D. Collaboration Between Architects and Engineers – an Iterative Process / J. Thonger, D. Glover // DETAIL. – 2002. – № 9. – P. 1092 – 1101.
9. DETAIL . – 2004. – № 3.
10. Civil engineering magazine. – 2003. – № 8.
11. Energieeffiziente Architektur // DETAIL. – 2007. – № 6.
12. Bank Tower in Frankfurt-on-Main // DETAIL. – 1997. – № 3. – P. 349 – 354.
13. Japan Architecture. –1993. – № 3.
14. Japan Architecture. –1993. –№ 11
15. Japan Architecture. –1994. –№ 3.
16. Japan Architecture. –1994. –№ 15
17. Moritz K. National Stadium in Beijing / K. Moritz // DETAIL. – 2008. – № 7/8. – P. 771 –779.
18. TATLINPLAN. – 2008. – № 4(6) 66. – с. 4 – 78 .
19. Paul Klee Centre in Berne // DETAIL. – 2005. – № 7/8. – P. 782 –790 .
20. Renzo Piano Foundation [**Электронный ресурс**].– Режим доступа: <http://www.fondazionerenzopiano.org/> – Дата доступа: 27.05.2015.
21. **Энциклопедия живописи, КЛЕЕ Пауль Klee, Paul** [**Электронный ресурс**].– Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/slovar-impr2/143.htm>– Дата доступа: 12.05.2015.
22. University Library in Berlin // DETAIL. – 2006. – № 4. – P. 326 –332 . p.
23. Free University, Berlin / Foster + Partners [**Электронный ресурс**].– Режим доступа: <http://www.fosterandpartners.com/projects/free-university/> – Дата доступа: 02.04.2015.
24. Euromasters MA Contemporary European Studies FU Berlin [**Электронный ресурс**].– Режим доступа: <http://www.b-i-t-online.de/archiv/2006-01/report1.htm> –Дата доступа: 21.05.2015.

25. Свободный университет Берлина [Электронный ресурс].– Режим доступа: www.fu-berlin.de/en/ –Дата доступа: 20.05.2015.
26. Airport Terminal in Madrid // DETAIL. – 2005. – № 12.
27. The Architects' Journal. –2003. – № 29, P. 36.
28. Compagno A. Innovative Tower Block Facades: Swiss Re London Headquarters and Westhafen Tower / A. Compagno // DETAIL. – 2003. – № 7/8. – P. 820-824.
29. The Architects' Journal. –2004. – № 25 November, P. 35-45.
30. I' ARCA197, P. 10-14.
31. Википедия: Избранные статьи [Электронный ресурс].– Режим доступа: ru.wikipedia.org – Дата доступа: 22.04.2015.
32. Ministry for the Environment in Dessau // DETAIL. – 2005. – № 11. – P. 1259 –1264 .
33. Federal environmental agency, Dessau [Электронный ресурс].– Режим доступа: [www. building-for-the-german-federal-environment-agency-in-dessau/](http://www.building-for-the-german-federal-environment-agency-in-dessau/) – Дата доступа: 2.06.2015.
34. Kansai International Airport Terminal [Электронный ресурс].– Режим доступа: www.rpbw.com – Дата доступа: 2.05.2015.
35. T4 Madrid Barajas Airport [Электронный ресурс].– Режим доступа: www.rsh-p.com – Дата доступа: 22.06.2014.
36. Administration Building in Linz // DETAIL. – 2010. – № 6. – P. 598 –604.
37. <http://www.detail.de/Archiv/De/HoleHeft/226/ErgebnisHeft> [Электронный ресурс].– Режим доступа: www.detail.de – Дата доступа: 2.06.2015.
38. Sludge Towers of Munich 1 Sewage Works // DETAIL. – 2009. – № 4. – P. 346 –350 .
39. Небоскреб 30 St Mary Axe в Лондоне [Электронный ресурс].– Режим доступа: www.30stmaryaxe.com – Дата доступа: 12.04.2015.
40. Fuchs R. New Football Stadium in Munich - A Plastic Skin / R. Fuchs // DETAIL. – 2002. – № 12. – P. 1556 –1557 .
41. Kaltenbach F., Pravida J., Stepan K. The Stadium in Operation / F. Kaltenbach , J. Pravida , K. Stepan // DETAIL. – 2005. – № 9. – P. 964 – 965.
42. Zettlitzer W . Planning, Prefabrication and Assembly of the Pneumatic Membrane Skin / W .Zettlitzer // DETAIL. – 2005. – № 9. – P. 966 – 969.
43. Roll Karl - Fritz. Blue, White and Red – Light as Variable Colour / Karl - Fritz Roll // DETAIL. – 2005. – № 9. – P. 970 – 975.
44. Moritz K. The Outer Enclosure of the Allianz Arena –Construction of the ETFE Pneumatic Skin / K. Moritz // DETAIL. – 2005. – № 9. – P. 976 – 979.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОБЩИЕ ДАННЫЕ ОБЪЕКТОВ

Музей Мерседес-Бенц в Штутгарте, Германия (Mercedes-Benz Museum in Stuttgart), архитекторы Бен ван Беркель (Ben van Berkel), Кэролайн Бос (Caroline Bos), открытие: 2006 г.

Ратуша (Сити-холл) в Лондоне, Великобритания (London City Hall), британский архитектор сэр Норман Фостер (Великобритания), компания Foster +Partners, открытие: 2002г.

Здание «Коммерцбанк» во Франкфурте-на-Майне, Германия (Commerzbank tower Frankfurt am Main), британский архитектор сэр Норман Фостер (Sir Norman Foster), студия «Foster and Partners» (Лондон), открытие: 1997г.

Международный аэропорт Кансай в Осака, Япония (Kansai International Airport), архитектор Ренцо Пьяно (RenzoPiano), открытие:1994г.

Национальный стадион в Пекине, Китай (National Stadium in Beijing), проект комплекса разработали швейцарские архитекторы Жак Герцог (Jacques Herzog) и Пьер де Мерон (Pierre de Meuron), архитектурное бюро Herzog & de Meuron Architekten) Herzog & de Meuron, Basel, Stefan Marbach), открытие: к Олимпийским играм 2008г.

Центр Пола Клее в Берне, Швейцария (Paul Klee Centre in Berne), архитектор Ренцо Пьяно (Renzo Piano) Renzo Piano Building Workshop, Paris, построен в 2005 г.

Университетская библиотека в Берлине, Германия (University Library in Berlin), запроектированная британским архитектором сэром Норманом Фостером (Sir Norman Foster) и его студией «Foster and Partners» (Лондон), открытие: 2005г.

Аэропорт Мадрид – Барахас в Мадриде, Испания (Barajas Airport Terminal in Madrid) архитектор Ричард Роджерс, британское архитектурное бюро «Ричарда Роджерса Партнершипа» (Richard Rogers Partnership, London), испанское архитектурное бюро «Estudio Lamela» (Madrid), открытие: в 2006 г.

Штаб – квартира компании Swiss Re в Лондоне, Великобритания (Swiss Re Headquarters in London), британский архитектор сэр Норман Фостер (Sir Norman Foster), студия «Foster and Partners» (Лондон), введена в строй в конце 2003 г.

Ведомство по охране окружающей среды в Дессау, Германия (Ministry for the Environment in Dessau), архитекторы Матиас Зауербрух (Matthias Sauerbruch), Луиза Хаттон (Louisa Hutton), построено в 2005г.

Национальный центр искусства и культуры имени Жоржа Помпиду в Париже, Франция (Centre Georges Pompidou), совместный проект итальянца Ренцо Пьяно (Renzo Piano) и англичанина Ричарда Роджерса (Richard Rogers), бюро «Ove Arup and Partners», открытие: 1977 г.

Административное здание в Линце, Австрия (Administration Building in Linz), архитекторы: Дитмар Фейчтингер Архитектс, Париж (Dietmar Feichtinger Architectes, Париж), сотрудники: Герхард Фейлер (Gerhard Pfeiler рук. проекта), Клэр Боденез (Claire Bodenez), Филипп Урабл (Philipp Urabl), Роланд Батиста (Roland Basista).

Очистные сооружения Мюнхен 1, Германия Архитекторы: Ackermannund Partner Architekten, построено в 2003 г.

Стадион "Альянс-Арена" (Allianz Arena) Мюнхен, Германия, швейцарские архитекторы Жак Герцог (Jacques Herzog) и Пьер де Мёрон (Pierre de Meuron), архитектурное бюро Herzog & de Meuron Architekten) Herzog & de Meuron, Basel , открытие: 2005г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. МУЗЕЙ МЕРСЕДЕС-БЕНЦ В ШТУТГАРТЕ	4
2. РАТУША (СИТИ-ХОЛЛ) В ЛОНДОНЕ	16
3. ЗДАНИЕ «КОММЕРЦБАНК» ВО ФРАНКФУРТЕ-НА-МАЙНЕ	27
4. МЕЖДУНАРОДНЫЙ АЭРОПОРТ КАНСАЙ В ОСАКА	37
5. НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАДИОН В ПЕКИНЕ	54
6. ЦЕНТР ПОЛА КЛЕЕ (ПАУЛА КЛЕЕ) В БЕРНЕ	65
7. УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА В БЕРЛИНЕ	79
8. АЭРОПОРТ МАДРИД – БАРАХАС В МАДРИДЕ	89
9. ШТАБ-КВАРТИРА КОМПАНИИ SWISS RE В ЛОНДОНЕ	102
10. ВЕДОМСТВО ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ДЕССАУ	111
11. НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ИСКУССТВА И КУЛЬТУРЫ ИМЕНИ ЖОРЖА ПОМПИДУ В ПАРИЖЕ	118
12. АДМИНИСТРАТИВНОЕ ЗДАНИЕ В ЛИНЦЕ	134
13. ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ МЮНХЕН 1	148
14. СТАДИОН «АЛЬЯНС-АРЕНА» (ALLIANZ ARENA) В МЮНХЕНЕ	156
ИСТОЧНИКИ	169
ПРИЛОЖЕНИЕ	171

Учебное издание

ПИНЧУК Сергей Гаврилович

**СОВРЕМЕННЫЕ
ФОРМООБРАЗУЮЩИЕ
АРХИТЕКТУРНЫЕ
КОНСТРУКЦИИ**

Учебно-методическое пособие
для студентов специальностей 1-69 01 01 «Архитектура»
и 1-69 01 02 «Архитектурный дизайн»

Редактор *О. В. Якушик*

Компьютерная верстка *А. Е. Дарвиной*

Подписано в печать 06.03.2017. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 20,23. Уч.-изд. л. 7,91. Тираж 200. Заказ 913.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.